

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma

Rakennustekniikka

2018

Antti Kokkila

TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSTEKNIIKAN OPISKELUSSA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma | Rakennustekniikka

2018 | 48 + 3

Ohjaaja: lehtori Tapio Keiramo

Antti Kokkila

TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN RAKENNUSTEKNIIKAN OPIKSELUSSA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia erilaisia tietomallinnusohjelmia pohjautuen opiskelijoiden tekemiin tietomalleihin ja pohtia, miten tietomalleja pystyttäisiin paremmin hyödyntämään rakennustekniikan opiskelussa nyt ja tulevaisuudessa. Lisäksi tutkittiin mitä uusia työrooleja tietomallit tuovat.

Työ on toteutettu Turun ammatti-instituutin ja Turun ammattikorkeakoulun yhteishankkeessa. Hankkeessa Turun ammatti-instituutti rakentaa yksikerroksisia omakotitaloja Turun Yli-Maariaan. Turun ammattikorkeakoulun oppilaat tekivät kohteen arkkitehti- ja rakennesuunnittelun. Myöhemmän vuosikurssin oppilaat tekivät tietomallinnuksen valmiiden tasokuvapiirustuksien pohjalta.

Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi opiskelijoiden tietomallinnustöitä ja arvioitiin miten opiskelijat olivat onnistuneet mallintamisessa. Haastateltiin myös Turun ammatti-instituutin työmaaopettajaa mallien käyttötärpeesta opetuksessa ja kokemuksista mallien hyödyistä sekä Turun ammattikorkeakoulun hankkeen tietomallinnuksen tehneitä opiskelijoita. Lisäksi perehdyttiin Helsingin yliopistossa tehtyyn tutkimukseen, jossa tutkittiin tietomallien kanssa työskentelevien ihmisten nykyistä ja tulevaa roolia.

ASIASANAT:

koulu, opetus, rakentaminen, tietomalli

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Structural Engineering

2018 | 48 + 3

Instructor: lecturer Tapio Keiramo

Antti Kokkila

USING BUILDING INFORMATION MODEL TO STUDY CONSTRUCTION TECHNOLOGY

The aim of this thesis was to research Building Information Model (BIM) made by students of Turku University of Applied Sciences (TUAS) and the accessibility of these models in construction technology learning currently and in the future. In addition to that I explored working roles created by BIM.

This work was been carried out related to a joint venture of Turku Vocational Institute and TUAS. In the venture the students of Turku Vocational Institute build single-layered detached houses in Yli-Maaria. The architectural and structural designs of the houses were accomplished by the students of Turku University of Applied Sciences. Third year students of TUAS completed the building information models based on the structural drawings.

In this thesis I went through BIM works the students completed and rated how well they succeeded in modeling. I interviewed a teacher from Turku Vocational Institute on the demand of the models in teaching and his experience in the benefits of using the models. I also interviewed the students of Turku University of Applied Sciences who made the building information models. In addition to that I read a study published by the University of Helsinki that researched the current and future role of people who work with BIM.

KEYWORDS:

school, teaching, BIM, building, future

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 TIETOMALLI	7
2.1 Tietomalleista yleisesti	7
2.2 Tietomallin tiedostomuoto	7
2.3 Tietomallin hyödyt	8
2.4 Tietomallinnusohjelmat	8
2.4.1 Vertex	9
2.4.2 ArchiCAD	9
2.4.3 Tekla	11
2.4.4 Revit	11
2.4.5 CADS	12
3 TIETOMALLIEN TARKASTELUOHJELMAT	13
3.1 Tekla BIMsight ja Solibri Model Viewer	13
3.2 3D-pdf-tiedosto	13
4 PERINTEINEN SUUNNITTELU YLI-MAARIAN VAKINIITYN ALUEEN HANKKEESSA	16
4.1 Yli-Maarian Vakiniitynalue	16
4.2 Kohteen suunnittelu	16
5 MUUTOS TIETOMALLEIKSI	22
5.1 Havainnot Vertex-tietomallinnusohjelmasta	22
5.2 Havainnot ArchiCAD-tietomallinnusohjelmasta	25
5.3 Havainnot Tekla-tietomallinnusohjelmasta	27
5.4 Havainnot Revit-tietomallinnusohjelmasta	29
5.5 Havainnot CADS-tietomallinnusohjelmasta	31
6 HAASTATTELU	32
6.1 Yhteenveto opettajan vastauksista	32
6.2 Yhteenveto oppilaiden vastauksista	34
7 HELSIGIN YLIOPISTON KÄYTTÄYTYMISTIETEELLISEN TIEDEKUNNAN TUTKIMUS	36
7.1 Tutkimus	36

7.2 Yhteenveto	38
----------------	----

8 TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMISEN UUDET MENETELMÄT 39

8.1 Virtuaalitodellisuus	39
8.2 Lisätty todellisuus	41
8.3 Unity	42

9 POHDINTOJA 43

9.1 Haastattelut	43
9.2 Tietomallikoordinaattori	43
9.3 Ajatuksia tietomallien hyödyntämisestä oppimisessa	44

10 YHTEENVETO 47

LÄHTEET 48

LIITTEET 3

Liite 1. ARK-, RAK- ja TATE-mallien yleinen sisältötaulukko

Liite 2. Tutkimuskysymykset

KUVAT

Kuva 1. 3D-pdf-malli (Koivula J, Jäntti E, Suominen M & Uusitalo J. 2018).	15
Kuva 2. Pohjakuva kohteesta.	18
Kuva 3. Asemakuva tontti nro 1.	19
Kuva 4. Leikkaus asuinrakennuksesta.	20
Kuva 5. Kattoristikkorakennekuva.	21
Kuva 6. Vertex-ohjelmalla mallinnettu runkorakenne ja vesikatto (Koivula ym. 2018).	23
Kuva 7. Vertex-tietomalli Solibri Model Viwer-ohjelmassa (Koivula ym. 2018).	24
Kuva 8. Runko- ja väliseinätolppien päällekkäisyydet muiden rakennusosien kanssa (Kaijanen T, Siren M, Vesterinen J & Kenttinen V. 2018).	26
Kuva 9. Archicad-malli Solibri Model Viewer -ohjelmassa (Kaijanen ym. 2018).	27
Kuva 10. Teklalla tuotettu perustuksien raudoitukset (Paakkola T, Haavisto J, Sauramo A, Viman J & Wihervuori E. 2018).	28
Kuva 11. Teklalla tuotettu rakennemalli (Kaijanen ym. 2018).	29
Kuva 12. Materiaalitietoja valitusta seinästä (Aronoja J, Heiska R, Leino L, Lintervo L & Salminen S. 2018).	30
Kuva 13. Revit-ohjelman tietomalli (Aronoja ym. 2018).	31
Kuva 14. HTC Vive -virtuaalilasit.	40

1 JOHDANTO

Tietomallien käyttö rakennusalaalla on viime vuosina kasvanut huomattavasti. Perinteisestä tasosuunnittelusta siirtyminen kolmiulotteiseen suunnitteluun vie aikaa ja vaatii opettelua. Tietomallien käyttö ja hyödyntäminen on vielä kehitysvaiheessa. Myös työtehtäviä tulee kehittää tietomallien tueksi. Opetuksessa tietomallit ovat olleet vasta muutama vuoden mukana. Tietomallien oppimisessa ja opettamisessa on vielä tekemistä, ja tietomallien jatkuva kehitys luo opettamiseen jatkuvaa muospainetta.

Tietomalleja käytetään tällä hetkellä monissa rakennushankkeissa. Näitä ei kuitenkaan osata hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla tai ollenkaan. Tietomalleja ei välttämättä osata lukea riittävän hyvin, ja silloin turvaudutaan vanhaan tasopiirustusmenetelmään. Tietomalleista saatava tieto voi olla myös virheellistä tai puutteellista tiukkojen aikataulujen takia. Tietomallien tarkastus ja paikkansapitävyys on varmistettava aina ennen projektin alkamista.

Tietomallien hyödyntäminen tulevaisuuden tekniikoilla luo enemmän käyttömahdollisuuksia tietomalleille. Näitä uusia tekniikoita kehitetään jatkuvasti, ja näiden yleistyessä rakennusala kokee suuren kehitysaskelen tulevaisuudessa.

Tietomallit ovat vasta tulleet koulujen opetussuunnitelmiin. Oikeiden opetustapojen löytäminen vaatii tietomallien käyttöä ja tutkimista opetuksen perspektiivistä.

Opinnäytetyön aiheeksi valittiin Turun ammattikorkeakoulun opettajan ehdottama aihe, koska oli kiinnostuttu tietomalleista ja mallintamisesta. Aihe on ajankohtainen, ja haluttiin tutkia älykkäitä oppimisympäristöjä ja niiden soveltuvuutta rakennustekniikan oppimista tulevaisuudessa.

2 TIETOMALLI

2.1 Tietomalleista yleisesti

Rakennuksen tietomalli (*Building Information Model*, BIM) on rakennus kolmiulotteisessa maailmassa. Rakennuksen tietomallista pystytään tarkkailemaan rakennuksen elinkaarta ja rakenteellista tietoa digitaalisessa muodossa. Tarkoituksena on käyttää rakennuksen tietomallia koko rakennuksen elinkaaren ajan suunnittelussa, ylläpidossa ja asukkaiden ennakkotiedottamisessa esimerkiksi tulevista remonteista. (Kerosuo, Paavola, Mäki & Miettinen. 2017, 7.)

Tietomalleilla pystytään tuottamaan seuraavia malleja:

Arkkitehtisuunnittelu (ARK) määrittää hankkeen muodon, ulkoasun, tilat ja rakenteiden ratkaisut. Lisäksi mallin on sisällettävä vähintään kantavat rakenteet, seinien tyyppi- luokittelut, tilat sekä ikkuna- ja ovimallit. (Henttinen 2012, 15.)

Rakennesuunnittelu (RAK) määrittää rakennuksen mitat, tekniikan, rakenteet ja yksityiskohdat. Mallista pitää löytyä runkorakenteet mittoineen, sijainteineen sekä mallidetaljit, perustukset, rakennusosien tyyppiratkaisut ja liitokset. (Henttinen 2012, 21.)

Talotekniikkasuunnittelu (TATE) määrittää LVI- ja sähkösuunnittelun. Mallissa pitää löytyä keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, päätelaitteet, johtotiet, kaapelikourut, arinat ja valaisimet. (Henttinen 2012, 21.)

Liitteen 1 taulukossa on kerrottu tarkemmin ARK-, RAK- ja TATE-mallien yleisistä sisälloistä ja käyttötarkoituksista.

2.2 Tietomallin tiedostomuoto

Eri tietomalliohjelmat käyttävät kukin omaa tiedostomuotoa. Nämä tiedostomuodot eivät ole yhteensopivia muiden ohjelmien kanssa. Tietomalliohjelmilla pystytään luomaan yleinen tiedostomuoto IFC (*Industry Foundation Classes*). Tämä tunnetaan paremmin nimellä OpenBim. Se on neutraali tiedostomuoto, joka mahdollistaa tiedostosiirron eri ohjelmien välillä. IFC-tiedostomuotojen käytetyimmät versiot ovat IFC2x2 ja IFC2x3.

IFC2x2 (IFC2x edition 2) on näistä vanhempi. Uudempi ja suositellumpi versio on IFC2x3 (IFC2x edition 3). (ArchiCAD 2013, 1–2.)

Julkisissa rakennushankkeissa on määritelty, että vain IFC2x3-sertifioitujen mallinnusohjelmien käyttö on sallittu mallinnuksessa. Eri hankkeille voidaan määrittää erityisvaatimuksia IFC-version tai ominaisuuksien suhteen. (Henttinen 2012, 6.)

Tietomalleja pyritään hyödyntämään koko rakennuksen elinkaaren ajan eri toimialueilla. Tietomalleja käytetään yleisesti IFC-tiedostomuodossa, joka tukee yleisiä tietomallinnus- ja tarkastusohjelmia. Tällä hetkellä tietomallit käyttävät natiivi- tai IFC-tallennusmuotoa ja piirustukset käyttävät DWG- tai PDF-tallennusmuotoa. Tulevaisuudessa on tarkoitus tähdätä yhteen tiedostomuotoon, mistä löytyisi helposti kaikki tarvittava tieto hankkeesta.

2.3 Tietomallin hyödyt

Tietomalleilla pystytään vertailemaan rakenteiden, tilojen ja eri ratkaisujen toimivuutta. Tämä ominaisuus auttaa säästämään kustannuksissa. Malleilla pystytään laajasti seuraamaan hankkeen energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysyjä. Tämä on avuksi suunnittelussa ja ylläpidon seurannassa. Tietomallit tehostavat suunnitteluprosessia, laadunvarmistamista ja tiedostosiirron nopeutta. Malleista saatavat tiedot mahdollistavat rakennushankkeen organisoinnin ja ylläpidon tarpeen ennakkoinnin aikaisessa vaiheessa. Näin pystytään nopeammin varautumaan hankkeen eri vaiheisiin. (Henttinen 2012, 5.)

2.4 Tietomallinnusohjelmat

Tietomallipohjaiseen suunnitteluun löytyy useita mallinnusohjelmia. Jokainen ohjelma tarjoaa erilaisia ominaisuuksia. Näihin ohjelmiin on hyvä paneutua ennen suunnittelun aloittamista, jotta tietää, mikä ohjelma sopii parhaiten suunnitteluhankkeeseen.

ArchiCAD ja Revit sopivat parhaiten arkkitehtisuunnitelmien mallintamiseen. Tekla ja CADS sopivat parhaiten rakennesuunnittelun mallintamiseen. Vertex tukee yhdistelmä-malleja ja soveltuu teollisuus-, automaatio-, sähkö-, rakennus- ja huonekalusuunnitteluun.

2.4.1 Vertex

Vertex-ohjelman luonti alkoi 1970-luvulla kolmen Tampereen teknillisen korkeakoulun oppilaan toimesta, kun he aloittivat yritystoiminnan lujuslaskenta ohjelman avulla. Vertex System Oy perustettiin vuonna 1977. Yrityksen painopiste on ollut lujuslaskennassa, mutta se on siirtynyt myöhemmin CAD-piirtämiseen ja visualisointiin. Yrityksen ensimmäisiä asiakkaita oli Veitsiluodon talotehdas ja Kone. Näiden asiakkaiden takia yritys alkoi perehtyä tarkemmin laite- ja rakennussuunnitteluun. Tällä hetkellä Vertex-ohjelmaa käytetään melkein 40 eri maassa ja ammattikäyttäjää on noin 18 000. (Salmi 2017, 44–6.)

Vertex jakautuu viiteen eri toimialaan: konerakennukseen, laitos- ja prosessiteollisuuteen, sähköön ja automaatioon, rakentamiseen ja kalusteiden valmistukseen. Näille kaikille toimialoille on eri ohjelmistot, jotka on räätälöity juuri kyseisen toimialan ohjelmaksi. Vertex on kehitetty teolliseen suunnitteluun. Ohjelmisto soveltuu myös pienten ja keski suurten asuinrakennusten suunnitteluun. Ohjelma hyödyntää kolmeulotteista suunnittelupohjaa, joka tuottaa piirustuksien lisäksi materiaalikustannukset, työstötiedot ja visualisoidut kuvat. Ohjelman automaattitoiminto mallintaa materiaalityypit juuri oikean kokoisiksi ja lisää tarvittavat tiedot niiden työstämistä varten. Mallin rakenneosat pystytään liittämään yhteen automaattisilla liitostyökaluilla. Tämä nopeuttaa ja helpottaa mallin muokkaamista ja vähentää virheiden mahdollisuutta. Malliin voidaan yhdistää muista järjestelmistä eri osa-alueiden tietoja, jolloin mallintaminen onnistuu samalta alustalta. Näiden eri rakenneosien (putkistot ja rakenteet) yhteensopivuutta voidaan tarkkailla kolmeulotteisessa ympäristössä, mikä vähentää päällekkäisyyksien määrää. (Vertex Systems Oy 2018.)

2.4.2 ArchiCAD

Graphisoft perustettiin 1980-luvulla Unkarissa budapestiläisten matemaatikoiden toimesta. Vuonna 1982 Unkarin teollisuusministeriö etsi kehittynyttä mallinnustekniikkaa uuden Paks-ydinvoimalaitoksen rakennussuunnitteluun kolmen vuoden aikataululla. Graphisoftin kehittämä mallinnusohjelma oli toimiva, ja se valittiin ydinvoimalahankkeen suunnitteluun. Tämä mahdollisti Graphisoftille uuden ohjelman kehittämiseen. Tuloksena syntyi ohjelma nimeltä Radar. Syksyllä vuonna 1983 yhtiö esitteli kolmiulotteisen (3D) mallinnusohjelman näyttelyssä Münchenissä Saksassa. Yhtiö ei ollut vielä valmis

tarjoamaan tätä ohjelmaa markkinoille, koska ohjelma oli kehitetty toimimaan seitsemän vuotta vanhassa tietokoneessa. (Hisrich & Vecsenyi 1991, 1–2.)

Graphisoft esitteli vuonna 1984 ensimmäisen todellisen 3D-ohjelman, joka toimi vain Applen Apple Lisa -tietokoneessa. Tästä ohjelmasta ei tullut kuitenkaan suosittua, koska Applen Lisa-tietokone osoittautui liian kalliiksi. Vuoden 1987 lopulla Apple toi uuden tuotteen, Macintosh 2:n, joka pystyi parempaan suoritustehoon. ArchiCAD oli ensimmäinen ohjelma, joka pystyi hyödyntämään koko Macintosh 2:n kapasiteettiä. Vuonna 1988 ArchiCAD alkoi menestyä ja sitä myytiin 1 000 kappaletta. Seuraavana vuonna 1989 ArchiCADiä alettiin myydä maailmanlaajuisesti. Vuonna 1989 Graphisoft oli markkinajohtaja Applen suunnittelujärjestelmissä. (Hisrich & Vecsenyi 1991, 3–4.)

Nykyisin tilaajalle ei riitä pelkkä tasopiirustus, vaan tilaaja haluaa tietomallin, joka sisältää kaiken tiedon suunnitelmaan liittyen. ArchiCAD on kehitetty rakennussuunnittelijan työkaluksi, mutta laajennusmahdollisuudet antavat sille tuen laajempaan suunnitteluun. ArchiCADilla pystytään hallitsemaan mm. rakennuksen elinkaarta, ja se soveltuu hyvin myös kiinteistöhallintaan. ArchiCADissa on erillinen ArchiFM-ohjelmisto kiinteistöhallintaa varten. Tällä ohjelmistolla pystytään hallitsemaan esimerkiksi kalustusta, vuokralaisia ja huoltotoimenpiteitä. Ohjelmalla piirretään aluksi tavalliseen tapaan tasopiirustusmenetelmällä, josta syntyy loppujen lopuksi kolmiulotteinen visuaalinen lopputulos. Ohjelma tuottaa yhden tiedoston, josta saa kaikki kuvat ulos. ArchiCADilla pystytään luomaan esimerkiksi luonnosmalleja, tasopiirustuksia, fotorealistisia kuvia ja havainnekuvia. Muutokset päivittyvät kaikkiin kuviin automaattisesti, jolloin virheiden määrä piirustuksissa vähenee. ArchiCADilla pystytään myös tuottamaan visuaalisia esityksiä, joiden avulla pystytään kertomaan paremmin tulevasta hankkeesta. Videotyökalut ovat helppokäyttöisiä. ArchiCAD tukee internetissä yleisimmin käytettyjä tiedostomuotoja.

ArchiCADilla pystytään tuottamaan nopeasti ja monipuolisesti piirustuksia. Piirtäminen on automatisoitu niin, että piirtäessä se tuottaa leikkaus- ja julkisivukuvaa samaan aikaan. Myös ovikaaviot ja määräluettelot syntyvät samalla automaattisesti. ArchiCAD on helppokäyttöinen ja monipuolinen 3D-suunnitteluohjelma. Siinä on laajat työkaluvalikot, piirtotavat ja näiden apuvälineet. (ArchiCAD 2018.)

2.4.3 Tekla

Teklan ohjelmiston kehitys alkoi helmikuussa vuonna 1966, kun muutamat insinööritoimistot päättivät perustaa yrityksen nimeltä Teknillinen laskenta Oy. Yritys aloitti toimintansa Helsingissä. Yritys toimi aluksi atk-konsulttina, koulutuksen, laskentapalvelujen ja Tekla-ohjelman kehittäjänä. Vuonna 1967 muodostettiin kuusi suunnittelutyöryhmää eri osakeyhtiöiden aloilta. Nämä alkoivat kehittämään yhtenäistä ohjelmaa yhdessä Teklan tekijöiden kanssa. Kehityksessä korostettiin maarakennus-, rakenne- ja tiesuunnittelua. Vuonna 1970 Tekla aloitti yhteistyön Nokian laskentakeskuksen kanssa. Yhtiön viralliseksi nimeksi vaihtui Tekla Oy vuonna 1980. Rakennesuunnitteluun kehitettyä Tekla Structuresia on myyty yli 18 000 kappaletta ja asiakkaita on lähes sadassa eri maassa. (Tekla 2018.)

Tekla Structures on kehitetty pääasiassa betoni- ja teräsrakennelmien suunnitteluun ja tietomallintamiseen. Teklaan pystytään kuitenkin halutessa lisäämään eri materiaaleja, kuten puuta. Ohjelma toimii kolmeulotteisessa maailmassa, jossa luodaan ristikkokoordinaatistoon aputasoja ja alueita, joihin haluttu mallinnus tehdään. Ohjelmassa on valmiita materiaaleja ja profiileja, joita muokkaamalla saadaan helposti ja nopeasti mallinnettua haluttu muoto. Ohjelmalla pystytään myös mallintamaan raudoitukset tarkasti halutuilla suunnitelmilla. Teklassa on valmiiksi älykkäitä liitoskomponentteja ja rakenneosia. Näillä pystytään mallintamaan hetkessä esimerkiksi pulttiliitokset osoittamalla haluttua liitosta. Liitosta pystytään jälkeenpäin muokkaamaan tarkemmilla säädöillä. Teklalla pystytään tuottamaan taso-, havainne-, detalti- ja liitospiirustukset nopeasti. Mallista saadaan myös selville materiaalmäärät sekä materiaali- ja mittatiedot.

2.4.4 Revit

Revit-ohjelmistoa alettiin kehittämään, kun Charles River Application -yritys perustettiin vuonna 1997 Newtonissa. Yrityksen tavoitteena oli kehittää sovellus, jossa pyrittiin tuomaan parametrisen mallintamisen hyöty rakennusmarkkinoille. Revitin luominen alkoi useiden sovellusvalmistajien ja arkkitehtien avustuksella. Revit luotiin Microsoft Windowsin käyttöjärjestelmällä ja ohjelmoitiin C++-ohjelmalla. Revit pyrittiin toteuttamaan siten, että arkkitehdit sekä muut suunnitteluosapuolet voisivat suunnitella kolmiulotteisia tietomalleja, jotka sisältäisivät samalla tietoja rakenteista ja suunnitelmista. (Storify 2016.)

Tammikuussa vuonna 2000 yhtiön nimi vaihdettiin Revit Technology Corporationiksi ja Revit-ohjelman ensimmäinen versio julkaistiin huhtikuussa vuonna 2000. Julkaisun jälkeen ohjelman kehitys on ollut nopeaa. Kahden vuoden aikana ohjelmaan on tullut viisi uutta ohjelmaversiota. Vuonna 2002 ohjelmistoyhtiö Autodesk osti Revit Technology Corporationin, ja tämän ansiosta ohjelmistoa on pystytty kehittämään vielä enemmän. (JTB World 2001.)

Revit-ohjelma on suunnattu rakennussuunnitteluun, talotekniikan suunnitteluun, arkkitehtisuunnitteluun ja rakentamiseen. Ohjelmalla pystytään mallintamaan rakennuskomponentteja, simuloimaan rakenteita ja luomaan dokumentteja malleista. Eri suunnittelun osapuolet voivat käyttää keskitetysti jaettuja malleja, mikä vähentää virheitä. Revit-ohjelmalla voidaan myös tehdä projekteista vakuuttavia 3D-visualisointeja, joilla pystytään paremmin viestimään tilaajalle hankkeen lopputuloksesta. (Revit 2018.)

2.4.5 CADS

Kymdata Oy on suomalainen ohjelmistotalo, joka on perustettu vuonna 1979. Ensimmäinen suunnitteluohjelma kehitettiin noin 30 vuotta sitten. Yritys tarjoaa kolmea eri alan ohjelmistoa: CADS Electrin sähkö- ja automaatiosuunnitteluun, CADS Hepacin LVIA-suunnitteluun ja CADS Housen arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun. Yrityksen päätoimipiste on Kotkassa. (CADS 2018.)

CADS House on suunnitteluohjelma, joka on kehitetty rakenne- ja elementtisuunnitteluun. Ohjelmalla saadaan tuotettua IFC-malleja, joilla pystytään yhdistämään muiden tietomalliohjelmien mallit samaan ohjelmistoon. Ohjelmalla saadaan tuotettua lupakuvia, energialaskelmia, visualisointeja sekä rakenne- ja elementtisuunnitelmia. CADS Housella pystytään työskentelemään tavallisella CAD-tasotyökalulla aina mallintamiseen asti. Ohjelma tukee suomalaisia standardeja, määräyksiä ja käytäntöjä. Ohjelma on helppo oppia, koska se on käännetty kokonaan suomen kielelle, ja sen käyttöliittymä vastaa paljon tavallista CAD-ohjelmaa. CADS-ohjelmistolla on lähes 6 000 asiakasta Suomessa ja CADS House -ohjelmistoa käytetään 1 500 suomalaisessa yrityksessä. (CADS 2018.)

3 TIETOMALLIEN TARKASTELUOHJELMAT

Tässä luvussa käydään läpi tietomallien tarkasteluohjelmia, joita hyödynnettiin tässä työssä.

3.1 Tekla BIMsight ja Solibri Model Viewer

Tietomallien tarkasteluun on monia ohjelmia. Näistä kuitenkin yleisimpiä ovat Tekla BIMsight ja Solibri Model Viewer. Ohjelmista löytyy kevyempi ilmainen versio, joka riittää mallien tarkkailuun. Ne ovat yksinkertaisia ja helppoja käyttää.

Tarkasteluohjelmilla voidaan vertailla, katsella ja yhdistellä eri suunnitteluosapuolten malleja. Ohjelmissa voidaan tehdä myös törmäystarkasteluja. Molemmissa ohjelmissa on oma tiedon jakamiseen tarkoitettu ympäristö. Tässä ympäristössä voidaan jakaa ohjeita, huomiotavaa tietoa ja korjausehdotuksia malleista. Tilaaja ja suunnittelija pystyvät helposti kommunikoimaan jakamiseen tarkoitettun ympäristön kautta. Ohjelmilla voidaan tehdä merkintöjä kolmiulotteiseen maailmaan. Tämä auttaa poikkeuksien hahmottamisessa. (Tekla BIMsight 2018; Solibri 2018.)

Tarkastusohjelmia käytetään jokapäiväisessä työskentelyssä. Näistä pystytään tekemään tarvittavat tarkistukset ja katselmukset projektiin liittyen. Tulevaisuudessa näiden ohjelmien käyttö tulee varmasti lisääntymään virtuaalitodellisuuden ja mallinnusohjelmien kehittyessä.

Tietomalleja tehdessä opiskelijat käyttivät näitä ohjelmia mallien tarkasteluun ja esittämiseen. Mallien havainnoimisessa käytettiin Solibri Model Viewer - ohjelmaa. Tarkasteluohjelmilla tilaajankin on helppo hyödyntää tietomalleja hankkeessa.

3.2 3D-pdf-tiedosto

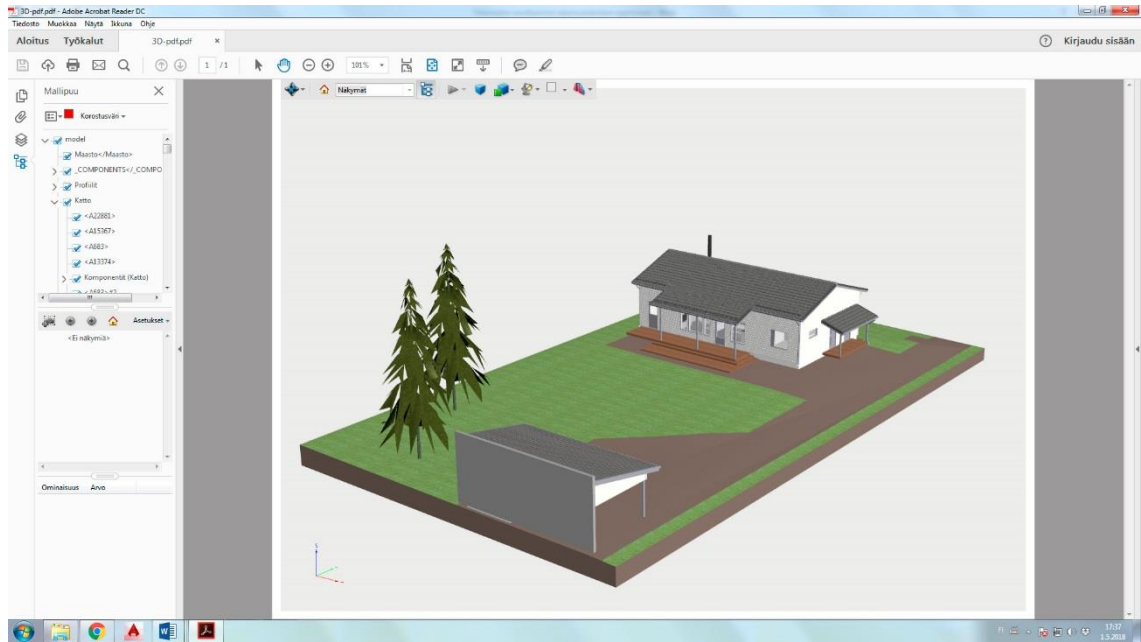
Pdf on suojattu ja helppokäyttöinen tiedostonmuoto, ja tämän takia se on hyvin suosittu. Pdf:llä pystytään esittämään perusteksti pdf-tiedostoina, mutta myös kolmiulotteisina malleina 3D-tiedostomuotoon tallennettuna. 3D-pdf on tavallaan samanlainen kuin tavalinen pdf-tiedostomuoto, mutta siihen on lisätty kolmiulotteinen katselutila ja työkalut tie-

tomallin tarkkailuun. Adobe Acrobat Reader DC:llä pystytään katselemaan ja käsittelemään tietomalleja kolmiulotteisessa ympäristössä. Jotta Adobe Acrobat Reader DC -ohjelma pystyy lukemaan tietomallitiedostoja, tiedostot pitää olla tallennettuna U3D 3rd Edition - tai PRC-muodossa.

Ennen 3D pdf:n luomista tietomalliohjelmalla voidaan ennalta määritellä näkymiä mallista, joita voidaan jälkikäteen näyttää pdf:ssä. Näkymiä voidaan tehdä esimerkiksi rakennuksen pohjoispäädystä tai vaikka pohjakuvasta. Tämä helpottaa tarkkailua ja esittämistä pdf:ssä, kun on valmiiksi määritelty halutut näkymät.

3D-pdf-tiedosto otetaan käyttöön avaamalla se Adobe Acrobat Reader DC -ohjelmalla. Ohjelmassa pystytään tarkkailemaan objektia kääntämällä, pyörittämällä, zoomaamalla, siirtämällä, kävelemällä ja lentämällä. Tehtyjen näkymien esittäminen käy vaivattomasti klikkaamalla seuraavaa näkymää. Mallista pystytään piilottamaan jälkikäteen haluttuja rakenteita, mikä auttaa tarkkailussa. Ohjelmalla pystytään toistamaan tehtyjä animaatioita. Kommenttien ja muistilappujen lisäys onnistuu mihin tahansa kohtaan mallia. Tällä pystytään ilmoittamaan esimerkiksi muutoksista tai virheistä. Ohjelman avulla mallista pystytään mittaamaan kokoja ja etäisyyksiä. Koulun projekteissa tälle olisi varmasti käyttöä. (Adobe 2018.)

Tarkasteluohjelmalla pystytään esittämään mallinnettu kohde visuaalisesti opiskelijoille ja tilaajalle (kuva 1). Tämä mahdollistaa sen hahmottamisen, mitä ollaan rakentamassa. Näkymillä pystytään luomaan valmiita tila- tai rakennenäkymiä. Näitä voidaan hyödyntää esimerkiksi rakennustyövaiheiden määrittämisessä. Työmaasta voidaan tehdä myös aluesuunnitelma, jota on helppo tarkkailla ja kommentoida 3D-pdf-muodossa.



Kuva 1. 3D-pdf-malli (Koivula J, Jäntti E, Suominen M & Uusitalo J. 2018).

4 PERINTEINEN SUUNNITTELU YLI-MAARIAN VAKINIITYN ALUEEN HANKKEESSA

Perinteisellä suunnittelulla tarkoitetaan tässä luvussa kaksiulotteista tasopiirustusmenetelmää, jolla hankkeen alkuperäiset suunnitelmat on tehty. Tässä luvussa kerrotaan tarkemmin perinteisen suunnittelun toteutuksesta ja työrooleista suunnittelupuolen projektissa.

4.1 Yli-Maarian Vakiniitynalue

Rakennuskohteena toimii Yli-Maarian Vakiniitynalue. Rakennustyömaat sijoittuvat kortteliin 141, tonteille 1–10 Piiankadun ja Renginkadun väliin. Aluksi rakennetaan neljä tonttia, joihin on rakennusluvut. Tämän jälkeen rakennetaan loput neljä tonttia. Alueelle tullaan rakentamaan yksikerroksisia puuomakotitaloja, joiden kerrosala on 137,00 m², ja talousrakennuksia, joiden kerrosala on 50,00 m². Alue on tasaista peltomaata. Talot tullaan myymään huutokaupalla tai kiinteistövälittäjän toimesta.

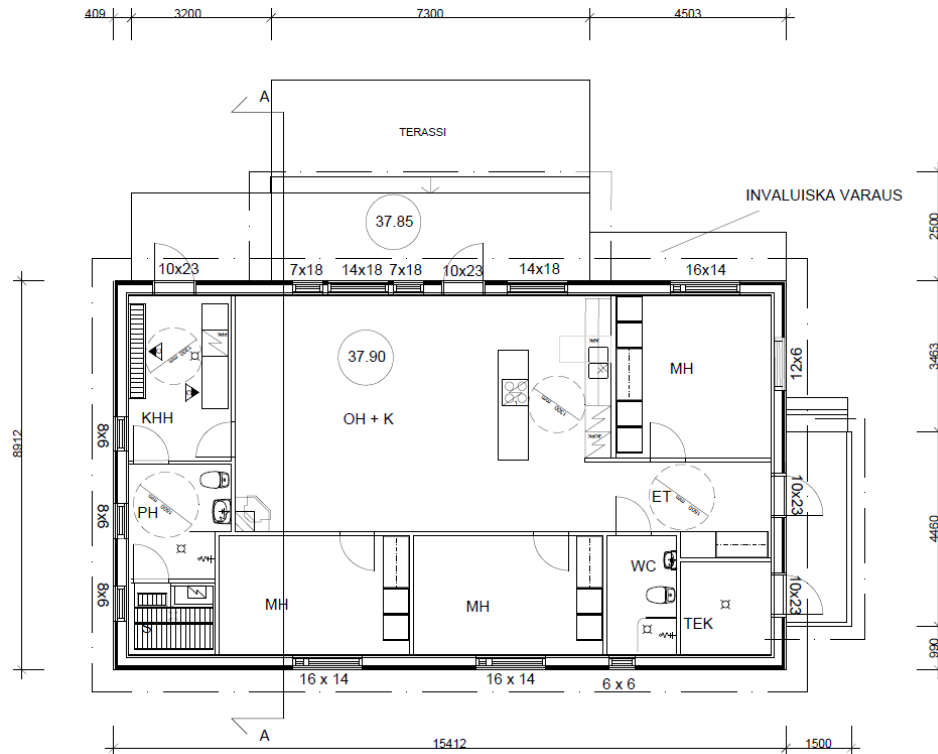
Yli-Maarian Vakiniitynalueen rakennushankkeen rakennuttajana ja tilaajana toimii Turun ammatti-instituutti. Vastaavana mestarina hankkeessa toimii Turun ammatti-instituutin opettaja. Rakentaminen tullaan suorittamaan suurimmaksi osaksi opiskelijatyönä. Kohde toimii oppilaille rakentamisen opetusjaksona. Turun ammatti-instituutin oppilaat saavat kokemusta rakentamisesta hankkeen edetessä.

4.2 Kohteen suunnittelu

Hankkeessa toimivat Turun ammattikorkeakoulun opettajat vastasivat arkkitehti-, rakenne- ja pääsuunnittelusta. Piirustukset toteutettiin Turun ammattikorkeakoulun opiskelijatyönä. Oppilaat suorittivat suunnitteluhankkeen opiskelujen yhteydessä projektitehtävänä. Hankkeen suunnittelun tekivät kolmannen vuosikurssin rakennusinsinööriopiskelijat. Hankkeessa mukana oli viisi opiskelijaa, ja ohjaajina toimivat Turun ammattikorkeakoulun suunnittelukurssin opettajat. Hankkeessa opettajat toimivat arkkitehti-, hanke- ja rakennesuunnittelun ohjaajina.

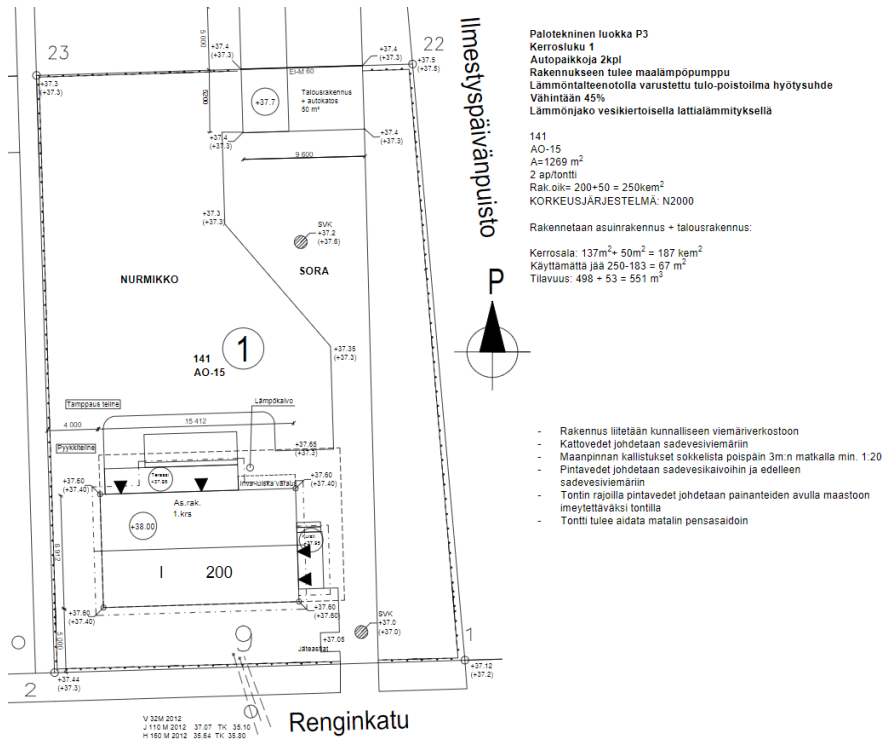
Hankkeen suunnittelu alkoi tilaajan referenssitiedoista. Tilaajalla oli edellisen rakennushankkeen kuvat, joista uuden hankkeen kuvat sovitettiin sopiviksi kunnan kaavaan. Kuvia muutettiin tontin asettamien määräysten ja käyttäjäkunnan toiveiden mukaan. Tilaaja oli koko ajan mukana suunnittelussa. Uuden hankkeen suunnitelmat toteutettiin AutoCAD-ohjelmalla. Suunnitelmat tallennettiin pdf-tiedostomuotoon. Kuvien jakamiseen käytettiin koulun sisäistä Office 365 OneDrive -nettisovellusta. Kohteen toteutuksessa mukana olleet opiskelijat saivat kukin oman tontin vastuualueekseen, johon kaikki tarvittavat suunnitelmat toteutettiin. Opiskelijat työskentelivät itsenäisesti, mutta kokouksia ja esityksiä järjestettiin, jotta nähtiin työn edistyminen ja samalla ohjattiin suunnittelutyötä.

Kohteen rakennukset ovat yksikerroksisia puumakotitaloja. Jokaisella tontilla on myös talousrakennus ja autokatos. Asuinrakennuksessa on kolme makuhuonetta, avonainen keittiö olohuoneeseen päin, kaksi vessaa, kodinhoitohuone, pesuhuone, sauna ja tekninen tila talotekniikalle (kuva 2). Talossa on myös varaus takalle laattavahvistuksella ja palomuurilla. Asuinrakennuksen takapihalla on terassi, josta on suora pääsy olohuoneeseen. Asuinrakennuksessa on invalidiluiskan varaus. Talousrakennus sijoittuu vastakaisten tonttien takarajalle. Talousrakennukset erottaa tonteista harkkomuurattu paloseinä, joka toimii myös rajamerkinä. Talousrakennuksessa on tilava varastotila ja autokatos kahdelle autolle.



Kuva 2. Pohjakuva kohteesta.

Tontti (kuva 3) on suurimmaksi osaksi nurmialuetta, mutta tontin ajokaistan materiaalina on sora. Tontin ympäri tulee matala pensasaita. Asuinrakennuksen kerrosala on 137 m² ja talousrakennuksen kerrosala 50 m². Tontin pinta-ala on 1 269 m² ja rakennusoikeutta 200 + 50 = 250 kem². Rakennusoikeutta jää käyttämättä 63 m². Rakennukseen tulee maalämpöpumppu, ja lämmityksenä on vesikierteinen lattialämmitys. Rakennus liitetään kunnalliseen viemäriverkostoon.



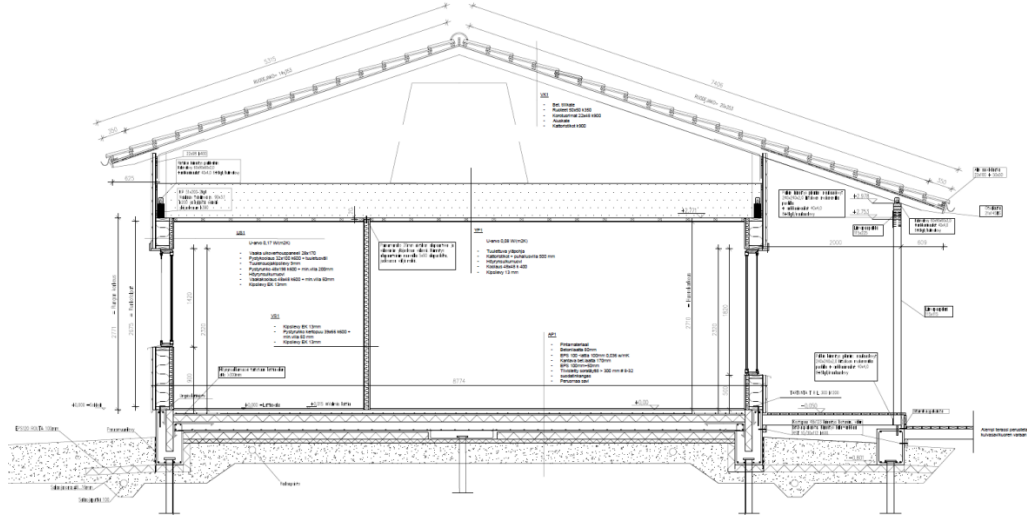
Kuva 3. Asemakuva tontti nro 1.

Maaperän kerrosrakennetta on tutkittu 21 painokairauksella sekä saven lujuus on määritetty kahdella siipikairauksella. Luokitusominaisuuksien määrittämiseksi on otettu häiritettyjä maannäytteitä. (S. Maanpää. perustamistapaselvitys 21.12.2016.)

Alue on tasaista peltoniittyä. Maanpinta on tasovälillä +37,1 – +37,7. Maaperä on tutkituilla tonteilla savipehmeikköä. Savikerrostuman pintaan on muodostunut ohut, noin metrin kuivakuorikerrostuma. Kuivakuoren alla (~ 5m) savi on pehmeää ja lujuudeltaan noin 10 kPa. Savi muuttuu syvyyssuunnassa lujemmaksi. Tasolla +21 saven lujuus on yli 20 kPa. Saven pintaosista otettujen näytteiden vesipitoisuudet olivat enimmillään yli 100 %. Savikerrosten alla on kivistä moreenia useita metrejä ennen peruskalliota. Kairaukset ovat jääneet moreenikerroksen kiviin 16,0 – 31,0 metriä nykyisestä maanpinnasta. Kallionpintoja ei ole varmistettu poraamalla. Maaperä on routivaa, ja pohjavesi on kuivakuoren alarajassa sitoutuneena saven huokosiin. Savi on radonvapaata. (S. Maanpää. perustamistapaselvitys 21.12.2016.)

Asuinrakennus ja talousrakennus on perustettu maanvaraisella alapohjalla ja paalutettu 27 terästukipaalulla kovaan pohjaan. Perustukset routasuojataan ja salaojitetaan. Alu-

een piha, viemärit ja liittymät suunnitellaan hallitusti painuviksi. (S. Maanpää. perustamistapaselvitys 21.12.2016.) Puurunko rakennetaan pitkästä tavarasta (kuva 4). Asuinrakennuksen E-luokka (energialuokka) on B.



Kuva 4. Leikkaus asuinrakennuksesta.

Rakennuksessa on harjakatto. Katon ristikot ovat NR-laatuluokan tehdasvalmisteisia naulalevyristikoita (kuva 5). Vesikaton materiaalina käytetään betonikattotiiliä. Ristikkoihin on varattu ryömintätilaa 1 300 mm korkeutta ja leveyttä 2 000 mm. Ryömintätilan alle on lisäksi jätetty kaksi 320 mm korkeaa ja 800 mm leveää tilaa talotekniikalle.

KATTORAKENNE

Kuormitukset vesikotolle:
Lumikuorma 2,0 kN/m²
Omapaino 1,0 kN/m²

Vesikatto:

- betonikattotiili
- ruoheet 50x50
- tuuletusrimat 22x48
- aluskate

Kattokannattajat:

- NR-laattaluokan kattoristikot.
- Kiinnitys vahvistetuilla kulmalevyillä 60x90x60x2,0
- + ankkurinaulat 40x4,0 6+6kpl/kulmalevy.

Kattorakenteen jäykistys:

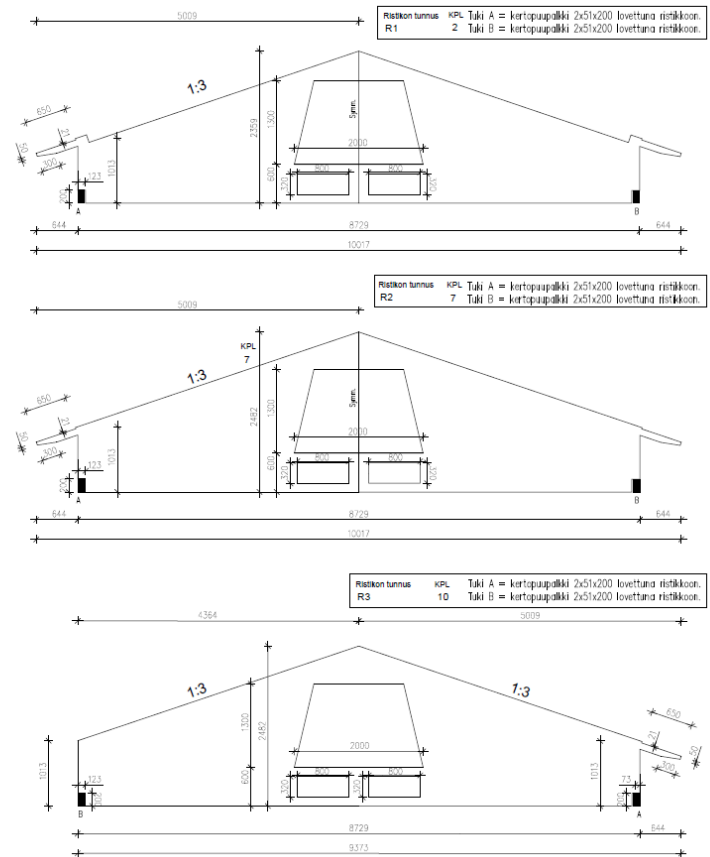
- vinotuet VT1 ristikoiden pystysuissa
- vinotuet VT2 ristikoiden yläpaarteiden ylä- tai alapinnassa
- jäykistyspuit JP ristikoiden välissä

VT 1 = 22x100 vinolaudat ristikkään ristikoiden pystysuissa.
3 N 75x28/liitos

VT 2 = 22x100 vinotuet ristikoiden yläpaarten alapinnassa.
3 N 75x28/liitos

JP = Jäykistyspuut tasokuvan mukaisissa paikoissa sivuseinien
yläjuoksujen päällä ristikkovälissä.

RISTIKOT OVAT NR-LAATULUOKAN TILITASALUOKAN NAULALEVYRISTIKÖITÄ.
VAIMISTAJA TEKEE TARVITTAVAT PIIRUSTUKSET JA LASKELMAT.



Kuva 5. Kattoristikkorakennekuva.

Tasosuunnitelmat oli hyvin laadittu sekä toteutettu, ja ne onnistuivat hyvin. Yhden opiskelijan kuville tehtiin pieniä korjauksia.

5 MUUTOS TIETOMALLEIKSI

Tässä luvussa käydään läpi oppilaiden havaintoja tietomallinnuksen prosessista. Kerrotaan myös omia näkemyksiä valmiista tietomalleista.

Tasosuunnitelmien muuttaminen tietomalleiksi suoritettiin Turun ammattikorkeakoulussa opiskelijatyönä, ja ohjaajina toimi kaksi rakennussuunnittelupuolen opettajaa. Tietomallinnuksen suorittivat kolmannen vuosikurssin opiskelijat. Opiskelijat jaettiin seitsemään 3–5 hengen ryhmään, ja jokainen ryhmä sai valita, millä ohjelmilla haluaa mallinnuksen suorittaa. Käytössä olevat ohjelmat olivat Vertex, Archicad, Tekla, Revit ja CADS. Projekti lähti liikkeelle sillä, että opiskelijat tutustuivat kohteeseen ja alkuperäisiin tasosuunnitelmiin. Tämän jälkeen opiskelijat jakoivat työtehtävät ryhmissä. Työn etenemistä ja ohjelmien käyttöä ohjattiin kurssilla. Talotekniikkaa ei mallinnettu tai huomioitu, joten talotekniset läpiviennit puuttuivat malleista. Kurssin loppuvaiheilla pidettiin esityksiä ja näissä käytiin läpi, mitä oli tehty ja mitä pitäisi vielä korjata. Opiskelijat pitivät oppimispäiväkirjaa mallintamisen prosessista, näitä käytettiin apuna tuomaan esille opiskelijoiden näkökantoja eri tietomalliohjelmista.

Valmiiden tietomallien havainnointiin käytettiin Solibri Model Viewer -ohjelmaa. Ohjelma on ilmainen ja helppokäyttöinen. Ohjelmassa valitaan aluksi haluttu IFC-tiedosto, jonka jälkeen tätä pääsee tarkkailemaan kolmiulotteisessa maailmassa. Solibri-ohjelmassa on laajat toiminnot. Mallia pystyy leikkaamaan halutusta kulmasta, piilottamaan haluttuja objekteja, katsomaan rakenteen tietoja, merkkamaan haluttuja kohtia, mittaamaan haluttuja etäisyyksiä ja liikkumaan rajattomasti.

5.1 Havainnot Vertex-tietomallinnusohjelmasta

Opiskelijoiden havainnot

Vertex-ohjelma on yksikertaisen näköinen (kuva 6), ja siinä on monipuoliset käyttömahdollisuudet. Vertex-ohjelmaa käytti neljä opiskelijaryhmää. Lisäksi he käyttivät Teklaa apuna tietomallintamisessa.

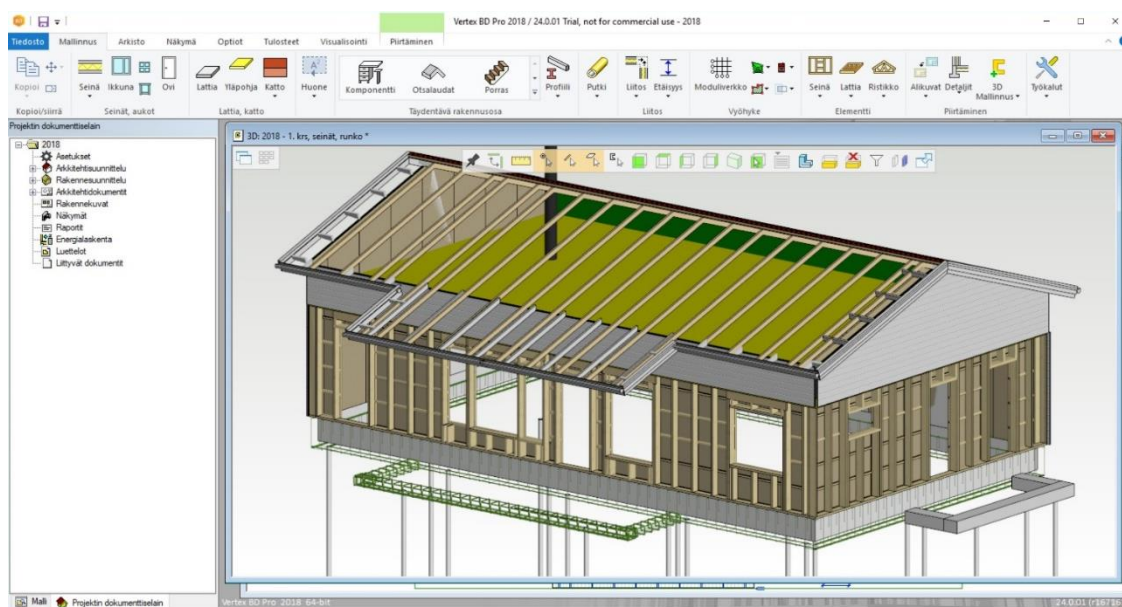
Vertex-ohjelmassa oppilaat havainnoivat puutteita aputoiminnoissa. Kun ohjelmaa käyttää ensimmäistä kertaa, toimintojen selvittäminen ja etsiminen oli huonosti avustettu ohjelman sisällä. Tästä syystä ohjelman opetteleminen vei opiskelijoilta paljon aikaa.

Ohjelmassa on komentoja, joilla voidaan esimerkiksi tehdä seinää tietyllä materiaalilla ja tyyppillä. Tämä toiminto nopeuttaa mallintamista huomattavasti, koska jokaista materiaalityyppiä ei tarvitse mallintaa erikseen. Tästä toiminnosta tuli kuitenkin opiskelijoille vaikeuksia, sillä valmiin seinän muokkaaminen oli hankalasti toteutettu. Esimerkiksi ikkunan lisääminen seinään tuotti lisätyötä.

Työt toteutettiin valmiiden tasopiirustuksien pohjalta. Tämä lisäsi työmäärää, koska ohjelman komentoja ei pystytty täysin hyödyntämään. Tasopiirustuksissa on poikkeuksia runkotolppajaossa esimerkiksi ikkunoiden kohdalla, ja näitä poikkeuksia jouduttiin muokkaamaan käsin. Ihannetilanne olisi ollut lähteä mallintamaan tyhjältä pöydältä, jolloin ohjelman toiminnot olisi saatu tehokkaammin käyttöön.

Vertex-ohjelmalla muutosten kumoaminen oli haasteellista. Ohjelmalla ei pystynyt peruuttamaan muutoksia. Tästä syystä opiskelijat joutuivat tekemään usein tallennuksia, ja kun ohjelmassa tekee virheen, se täytyy sulkea ja avata uudelleen, jotta pääsee jatkamaan edellisestä virheettömästä kohdasta. Ohjelma ei myöskään suostunut avaamaan kahta projektia samanaikaisesti.

Osa oppilaista yritti työstää tietomallia kannettavalla tietokoneella, mutta ohjelmat olivat liian raskaita niillä työskentelyyn.



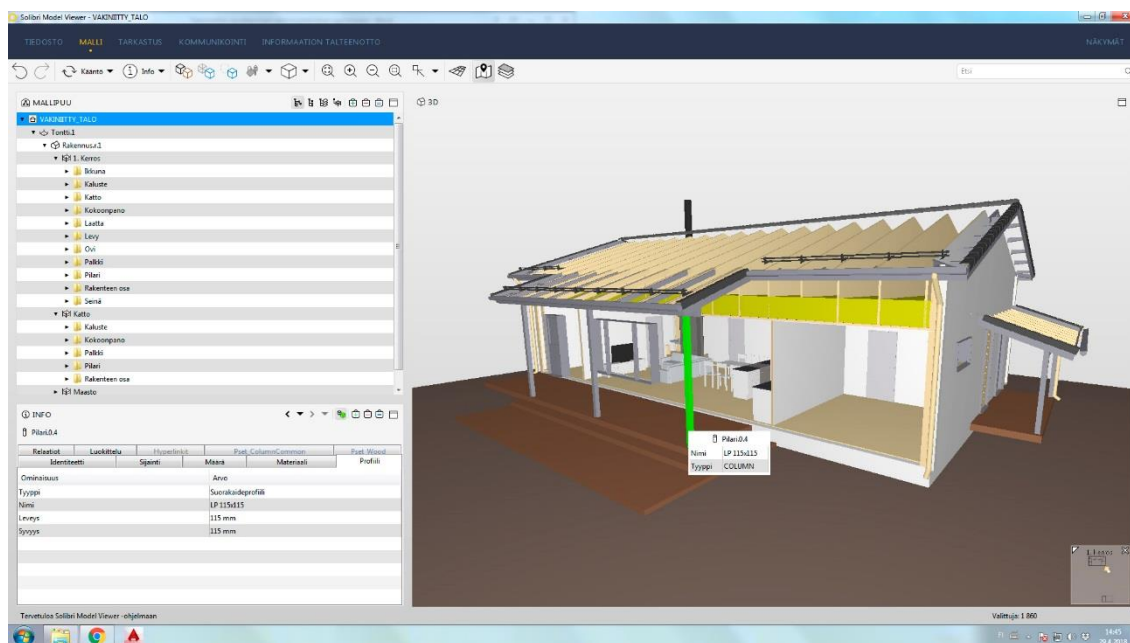
Kuva 6. Vertex-ohjelmalla mallinnettu runkorakenne ja vesikatto (Koivula ym. 2018).

Ryhmät käyttivät Vertex-ohjelman lisäksi Teklaa apuna mallintamisessa. Opiskelijat mallinsivat Teklassa rakennuksen paalut, raudoitukset ja perustukset. Tämän jälkeen ryhmät muuttivat tämän mallin tiedostomuodon IFC-tiedostoksi. Näin opiskelijat saivat yhdistettyä Teklassa tehdyn mallin Vertex-ohjelmaan. Teklasta Vertex-ohjelmaan tuotuja malleja ei kuitenkaan pystytäkään enää jälkikäteen muokkaamaan Vertex-ohjelmassa vaan ainoastaan tarkastelemaan.

Kun työ vietiin IFC-tiedostomuotoon, mallia pystyttiin tarkastelemaan 3D-maailmassa. IFC-muoto myös edesauttoi rakenteiden päällekkäisyyksien löytämistä törmäystarkastuksella. Näin mallista saatiin entistäkin luotettavampi.

Omat havainnot

Vertex-ohjelmalla mallinnetut rakennukset ovat arkkitehtuurisesti ja rakennusteknisesti hyvin mallinnettu. Malleista onnistuu hyvin selvittämään rakenteiden mitat, tyypit ja koot, korkeusasemat sekä määrätiedot. Toisessa mallissa, johon oli tontti ja autotalli mallinnettu samaan tiedostoon, tuli kokonaisuus paremmin esille. Toiseen malliin (kuva 7) oli myös mallinnettu kalusteita, joten kävelytoiminnolla sai paremman kuvan tilojen koosta.



Kuva 7. Vertex-tietomalli Solibri Model Viwer-ohjelmassa (Koivula ym. 2018).

Malleissa huomioitavaa olivat rakenteiden törmäykset, joita esiintyi jonkin verran. Tämä toi epävarmuutta mallien tulkitsemiseen. Rakenteiden lajittelu tyyppikohtaisiin kansioihin helpotti eri rakenneosien tarkastelua. Pystyttiin helposti piilottamaan ne elementit, joita ei haluttu tarkkailla.

5.2 Havainnot ArchiCAD-tietomallinnusohjelmasta

Opiskelijoiden havainnot

Kolme ryhmää aloitti ArchiCAD-ohjelmalla mallintamaan, mutta kaksi näistä ryhmistä päätyi lopulta mallintamaan Vertex-ohjelmalla. Vertex-ohjelman toiminnollisuudet osoittautuivat soveltuvimmiksi projektissa. ArchiCAD-ohjelmaa käyttänyt ryhmä mallinsi ArchiCADilla talon arkkitehtirakenteet. Ryhmä käytti Teklaa perustusten, talon rungon ja paalujen mallintamiseen.

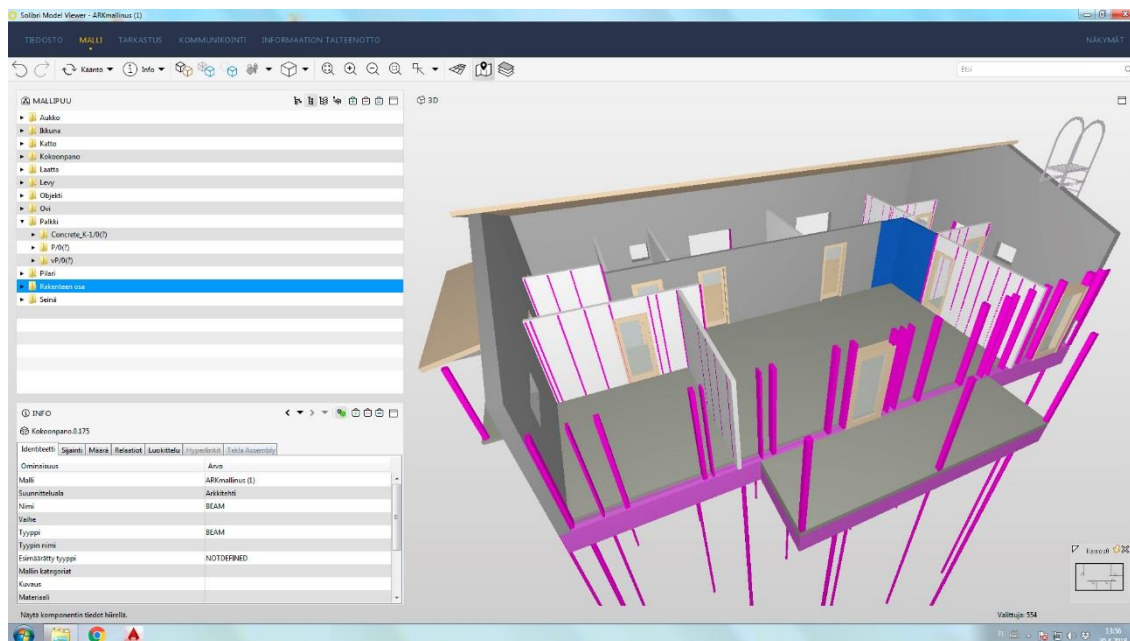
Opiskelijat muuttivat mallit IFC-tiedostoiksi ja veivät ne Tekla BIMsight -ohjelmaan, josta tietomallia oli helppo esitellä. Tiedostojen yhdistäminen tuotti kylläkin päällekkäisyyksiä runkotolppien ja ikkunoitten kanssa (kuva 8). Kuvassa pinkkien tolppien ei kuuluisi näkyä muiden rakenteiden alta. Tämä voi johtua pienestä mittavirheestä opiskelijoiden tehdessä eri suunnitteluvaiheita. Muuten kokoonpano toimi hyvin ja tietomallista saatiin irti materiaali- ja tyyppitietoja.



Kuva 8. Runko- ja väliseinätolppien päällekkäisyydet muiden rakennusosien kanssa (Kaijanen T, Siren M, Vesterinen J & Kenttinen V. 2018).

Omat havainnot

ArchiCADilla tehty tietomallinnus on yksinkertaisen näköinen, ja Teklasta tuodut rakenteet ovat hiukan päällekkäin ArchiCADin rakenteiden kanssa. Tämä tekee tietomallista epäluotettavan runko- ja väliseinätolppien näkyessä levy- ja ikkunarakenteiden läpi (kuva 9). Tietomalliin olisi voinut lisätä myös materiaaleja ja kalusteita enemmän. Muuten mallista saadaan riittävästi mittoja ja materiaalimääriä.

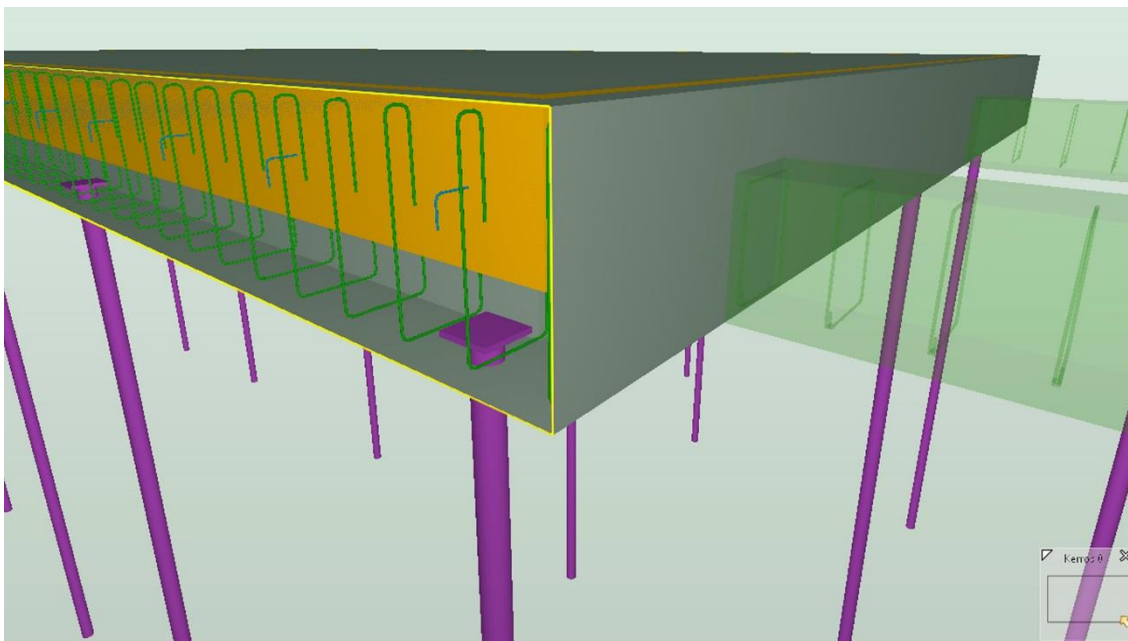


Kuva 9. Archicad-malli Solibri Model Viewer -ohjelmassa (Kaijanen ym. 2018).

5.3 Havainnot Tekla-tietomallinnusohjelmasta

Opiskelijoiden havainnot

Kaikki ryhmät yhtä lukuun ottamatta käyttivät Teklaa mallintamisessa apuna. Teklalla on helppo mallintaa perustukset, raudoitukset, paalut ja jopa osaa runkorakenteita (kuva 10). Ohjelmasta on myös helppo liittää IFC-tiedostomuotoja muihin ohjelmiin. Opiskelijat kävivät samaan aikaan Teklan opetuskurssia. Kurssi toi varmuutta Teklan käyttöön.



Kuva 10. Teklalla tuotettu perustuksien raudoitukset (Paakkola T, Haavisto J, Sauramo A, Viman J & Wihervuori E. 2018).

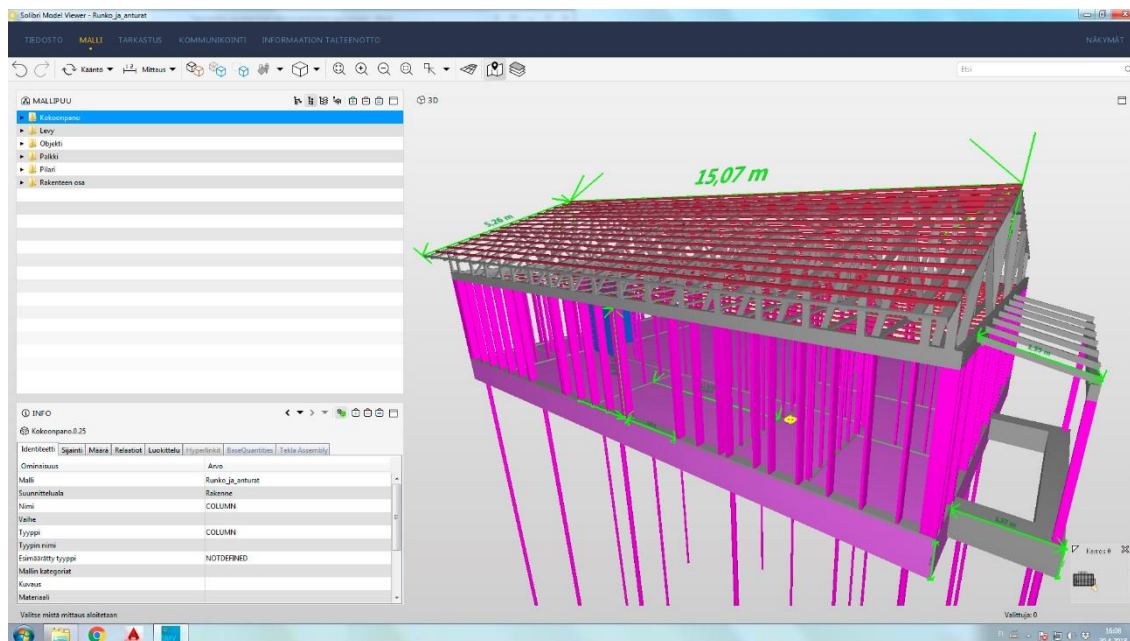
Teklaan tuodun IFC-tiedostomuotoisen mallin pyörittäminen oli kuitenkin raskasta ja työskentely näin ollen mahdotonta. Teklaan tuodun IFC-mallin rakenneosan muokkaaminen natiiviobjektiksi (natiiviobjektilla pystytään muokkaamaan rakennetta) kaatoi ohjelman. Myös dwg-tiedostomuoto kaatoi ohjelman.

Korkeusasemien määrittäminen referenssimallin avulla oikeaan korkeusasemaan ei onnistunut. Korkeusasemat täytyi käsin osoittaa.

Osa Teklan työkaluista oli vaikeakäyttöisiä, mikä aiheutti painetta aikataulun kanssa.

Mallintamisessa oli helpottava phases-valikko, johon voitiin määritellä tietyt rakenneosat näkyviin tai piilottaa ne mallintamisen helpottamiseksi.

Opiskelijat esittivät tietomalleja, joissa he muuttivat valmiit tietomallit IFC-tiedostoiksi ja yhdistivät nämä Tekla BIMsightilla yhdeksi kokonaisuudeksi. Ryhmät esittivät esityksissään, kuinka Tekla BIMsightilla saadaan mallista piilotettua tiettyjä tasoja ja kuinka mitausominaisuudet toimivat kyseisessä ohjelmassa. Ohjelmalla saatiin helposti mitattua esimerkiksi rakenteiden pituuksia mallista (kuva 11), ja eri rakennetyyppien mitat saatiin suoraan näkyville valikosta. Tasojen piilottamisella pystyttiin paremmin tarkastelemaan esimerkiksi piilossa olevia runkotolppia ja kattorakenteita.



Kuva 11. Teklalla tuotettu rakennemalli (Kaijanen ym. 2018).

Omat havainnot

Teklalla tuotetut rakenteet vaikuttivat oikeanlaisilta, ja kokonaisuus oli tuotu hyvin yhteen joka ryhmältä. Jos malleja haluttaisi viedä vielä pidemmälle, malleihin voisi lisätä rakenneliitoksia, esimerkiksi naulalevyliitokset kattoristikoihin.

Ongelmat Teklaan tuodun IFC-tiedostomuotoisen mallin pyörittämissä, Teklaan tuodun IFC-mallin rakenneosan muokkaamisessa natiiviobjektiksi ja dwg-tiedostomuodossa johtuivat todennäköisesti koulun ja opiskelijoiden omien tietokoneiden kapasiteetin puutteesta.

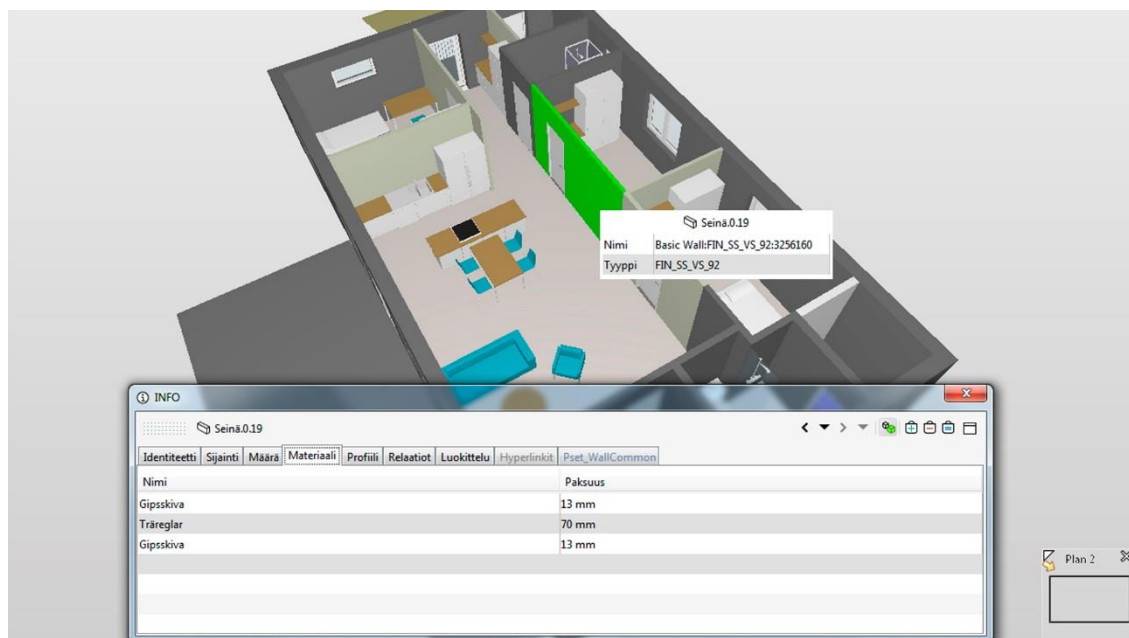
5.4 Havainnot Revit-tietomallinnusohjelmasta

Opiskelijoiden havainnot

Yksi opiskelijaryhmä käytti Revit-ohjelmistoa mallintamisessa. Ryhmä mallinsi Revitillä arkkitehtimallin ja Teklalla rakennemallin.

Dwg-tiedostomuodon avaaminen Revitillä oli hankalaa, kun ryhmä toi tasokuvapiirustukset hankkeesta.

Ohjelman omat komponenttiedostot olivat vajavaiset, minkä takia internetistä piti ladata tarvittavat komponenttikomennot. Myös materiaalikanta oli vajaa, ja opiskelijat joutuivat hakemaan koulun koneilta valmiita materiaaleja (kuva 12). Näistä aiheutui lisätyötä ryhmälle.



Kuva 12. Materiaalitietoja valitusta seinästä (Aronoja J, Heiska R, Leino L, Lintervo L & Salminen S. 2018).

Opiskelijat miettivät BIM-objektien käyttöä Revit-ohjelmassa, mutta he eivät löytäneet sopivia objekteja käyttöönsä. Tämä olisi nopeuttanut työn tekemistä. Opiskelijat eivät myöskään saaneet section box (leikkaustyökalu) -toimintoa toimimaan. Ohjelma kaatui aina, kun toimintoa yritti käyttää. Tämä vaikeutti mallin tarkastelua. Koulun koneiden Revit-ohjelman vuosiversio oli eri kuin opiskelijoiden omien koneiden vuosiversio. Tämä vaikutti opiskelijoiden työskentelyyn, koska heidän piti valita, työskentelevätkö he koulun tietokoneella tai omalla tietokoneella.

Omat havainnot

Revit-tietomalli oli hyvin mallinnettu. Tietomallilla pystytään hyvin visualisoimaan tilojen kokoa (kuva 13), mutta mallista ei saada tarkasteltua rakenteellisia tietoja. Teklasta tuotuja talonrakenteita olivat anturat, paalut, runko- ja väliseinätolpat, sisäseinän levytykset

6 HAASTATTELU

Tässä luvussa käydään läpi hankkeessa rakennuttajana toimivan Turun ammatti-instituutin rakennustekniikan opettajan ja Turun ammattikorkeakoulun tietomallinuksen tehneiden opiskelijoiden kirjallisen haastattelun tulokset. Haastattelussa kysyttiin Turun ammatti-instituutin opettajalta hänen kokemuksiaan tietomallien käytöstä ja oppilailta tietomallien mallinnusprosessista. Kyselyn tarkoituksena oli saada tietoa tietomallien opetuksesta ja niiden käytöstä työmaalla. Liitteessä 2 ovat opettajalle ja opiskelijoille esitetyt kysymykset.

6.1 Yhteenveto opettajan vastauksista

Tässä luvussa on koostettuna yhteenveto opettajan vastauksista.

Tietomallien hyödyntäminen

Tasopiirustuksien täydellinen korvaus tietomalleilla vaatii vielä paljon kehitystyötä. Tällä hetkellä tietomallien hyödyntäminen on haasteellista, koska niitä ei ole käytetty kovin pitkään ja niiden sisäistäminen vie aikaa.

Turun ammatti-instituutin opettaja ei ole vielä käyttänyt paljon tietomalleja opetuksessa. Hän on vasta visualisoinut niillä kohdetta. Opettaja näkee tietomallien tarpeen myös perustutkintojen opettamisessa.

Tietomallien tarkasteluohjelmat

Tietomalleja pystytään tarkastelemaan eri tarkasteluohjelmilla. Ohjelmat toimivat yleisesti IFC-tiedostomuotojen kanssa. Jotkut ohjelmat tukevat myös muita tiedostomuotoja. Ohjelmat toimivat samalla periaatteella, vaikka jossakin ohjelmassa voi olla esimerkiksi tarkempia tarkastusohjelmia tai erilaisia määrälaskentatoimintoja.

Opettaja ei ollut käyttänyt opetuksessa tietomallien tarkastusohjelmia. Hän on esittänyt vain kuvia tietomalleista erikseen. Tulevaisuudessa hän aikoo käyttää opetuksessa tarkasteluohjelmia ja alkaa hyödyntää malleja. Opettajalla on aikaisempaa kokemusta Tekla BIMsight - ja Solibri Model Viewer -ohjelmista.

Oppilaiden opettaminen

Tietomalleilla pystytään havainnoimaan ympäristöä, rakennuksia, rakennustekniikkaa ja huoltotoimenpiteitä. Tietomallien ymmärtäminen ja opetteleminen vie aikaa ja vaatii paljon tietoa ja kokemusta, jotta tietomallien tulkitseminen onnistuu. Tietomallien täydellinen asiantuntemus auttaa hallitsemaan hankkeen kokonaisuutta.

Opettaja on käyttänyt tietomalleja kohteen visualisointiin. Hänen oppilaansa aloittivat vasta puoli vuotta sitten opettelemaan kuvien tulkintaa paperi- ja PDF-versioina.

Tietomallien laatu

Tietomallien laatuvaatimukset tulee määritellä ennen projektin alkua suunnitteluryhmälle. Kun kaikki tietävät, mihin pyritään, saadaan kerralla parempi tulos. Mallien laatu voi vaihdella kokemattomuuden tai osaamattomuuden vuoksi. Tämän takia on tärkeää määritellä laatuvaatimukset.

Opettaja ei ollut ehtinyt vielä perehtymään malleihin niin syvällisesti, että hän olisi voinut ottaa kantaa oppilaiden tietomallien laatuun.

Nykytekniikan mahdollisuudet

Nykypäivänä on monia eri mahdollisuuksia tarkastella ja havainnoida tietomalleja. Tekniikka helpottaa ja lisää mallien käyttömahdollisuuksia, joten malleista saadaan enemmän informaatiota.

Opettaja näkee, että nykytekniikkaan opettamisen kannalta VR helpottaisi rakenteiden ja 2D-kuvien havainnollistamista. Työmaalla on tehty tämän hankkeen yhteydessä 360°-kuvausta. Kuvaus voitaisiin kytkeä tietomalliin, jolloin saataisiin havainnollistavaa kuvaa siitä, miltä hanke tulee näyttämään todellisessa ympäristössä valmiina.

Tietomalliasiantuntija

Tietomalleja on käytetty vasta vähän aikaa rakennusalalla. Tietomallien käyttäjät eivät hallitse niitä täydellisesti, joten heidän on turvauduttava apuun mallien käytössä. Yksi tämän hetken tietomalliasiantuntijan rooli on tietomallikoordinaattori. Hän on henkilö, jolla on paljon kokemusta eri tietomallien käytöstä ja tarkastuksesta. Tilaajan pitää itse tietää, tarvitseeko hän avustusta tietomallien tarkastuksessa.

Opettaja ei ole turvautunut ulkopuolisen asiantuntijan apuun, vaan hän on etsinyt apua internetistä.

6.2 Yhteenveto oppilaiden vastauksista

Tässä luvussa on yhteenveto oppilaiden vastauksista.

Kokemus

Tietomalliohjelmien käyttökokemus on tärkeää, jotta osataan tehdä oikeita asioita tehokkaasti. Ohjelmien kouluttaminen vie aikaa, koska ohjelmat ovat useimmille uusia ja ohjelman käyttöliittymä on monesti haastava.

Kaikki opiskelijat eivät olleet suorittaneet syksyn Tekla-kurssia eli osalla opiskelijoista ei ollut minkäänlaista kokemusta tietomallinnusohjelmista. Kyselyyn vastanneet opiskelijat olivat kuitenkin käyttäneet Vertex-ohjelmaa mallintamiseen, vaikka heillä ei ollut aikaisempaa kokemusta kyseisestä ohjelmasta.

Tietomalliohjelmien haastavuudet

Opiskelijoiden suurimpana haasteena oli ohjelmien itseopiskelu. Itsenäinen opiskelu vei paljon aikaa ja toimintojen käyttö oli haasteellista vähäisellä osaamisella. Opiskelijat löysivät internetistä hyvin tietoa ohjelmien käytöstä, mutta tiedon soveltaminen tuotti vaikeuksia. Esimerkiksi Vertex-ohjelmassa xyz-mittojen hallinta ja rakenteiden paikoilleen kohdistaminen oli vaikeaa. Myös kurssin aikataulu oli asetettu liian tiukaksi.

Hyödyntäminen

Tietomalleja pystytään hyödyntämään laajasti hankkeen eri vaiheissa ja rakennuksen koko elinkaaren ajan.

Opiskelijat näkivät tietomallien hyödyn tehtävien suunnittelussa tietomallien hyvän visualisointiominaisuuksien ansiosta. Rakenteiden laatu saadaan törmäystarkastelussa hyvin tarkastettua. Jos tietomalleihin olisi lisätty kattavammat materiaalitiedot, rakenteista olisi saatu enemmän tietoa. Materiaalilistaukset saadaan helposti malleista ulos.

Oppiminen

Vertauskohdaksi tietomallien oppimiseen on tässä otettu aikaisemman vuoden AutoCAD- kurssin harjoitukset.

Opiskelijat kokivat tietomalliharjoitusten vievän enemmän aikaa kuin AutoCAD-harjoitukset. AutoCAD-kurssi oli pääasiassa vain AutoCADin perusteiden opetusta. Kurssiin kuului myös käytännön harjoitustehtäviä ja tentti. Pientalon rakennussuunnittelukurssissa, jossa opiskelijat tekivät tietomallit, he joutuivat itsenäisesti opettelemaan tietomallinnusohjelmia. Samalla opiskelijat tekivät Yli-Maarian hankkeen tietomalleja. Itsenäinen työskentely vaati tiedon etsimistä internetistä. AutoCAD-ohjelmasta löytyi internetistä helpommin opastusta kuin tietomallinnusohjelmista. Tämä johtuu siitä, että AutoCAD-ohjelmaa on käytetty kauemmin kuin tietomallinnusohjelmia ja se on vielä suositumpi. Tietomallien käyttö piti usein opetella erehdysten ja kokeilujen kautta.

7 HELSIGIN YLIOPISTON KÄYTTÄYTYMISTIETEELLISEN TIEDEKUNNAN TUTKIMUS

Tässä luvussa syvennytään opinnäytetyöhön liittyvään loppuraporttiin, jossa tutkittiin tietomallintamisen johtamista, organisointia ja koordinoitua rakennushankkeessa. Raportti on Helsingin yliopiston käyttäytymistieteellisen tiedekunnan. Tutkijoina hankkeessa toimivat: Hannele Kerosuo, Sami Paavola, Tarja Mäki ja Reijo Miettinen. Tutkimus on toteutettu 1.9.2015 – 31.12.2016.

7.1 Tutkimus

Tietomallien yleistyminen rakennushankkeissa on luonut tarpeita uusille työtehtäville ja uusille johtamisen ja asiantuntijan rooleille. Nämä tehtävät, roolit ja vastuut eivät ole vakiintuneet, vaan ne voivat vaihdella hankekohtaisesti. Tutkimuksessa haastateltiin johtamisen, ohjauksen ja koordinoinnin puolelta henkilöitä. Tutkimuksessa analysoitiin heidän tietonsa tietomallintamisen rooleista ja selvitettiin, kenen toimesta ja millä tavoin tietomallintamista ohjataan ja koordinoidaan rakennushankkeessa, sekä sitä, miten tietomallia käytetään ja hyödynnetään suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidon vaiheissa ja miten tietomalleja voitaisiin tukea erilaisten yhteistyömallien avulla. Lisäksi tutkittiin, miten tietomallien tuottamisesta ja käytöstä sovitaan rakennushankkeen eri vaiheissa. Haastatteluhankkeina toimi kolme virastotaloa ja viisi oppilaitosta. Näistä kohteista kuusi oli uudisrakentamisen hanketta ja kaksi korjausrakentamisen hanketta.

Tutkimus kohdistui seuraaviin kysymyksiin:

Millä eri tavoilla ja kenen toimesta tietomallintamista johdetaan ja koordinoidaan eri hankkeissa, millaista osaamista edellytetään ja miten erilaiset toimintatavat edistävät tietomallinnusta rakennushankkeissa?

Millä eri tavoin tietomallintamista käytetään ja hyödynnetään kiinteistöjen suunnittelussa, rakentamisessa ja ylläpidossa, mitä tietotyövälineitä kiinteistön ylläpitäjät käyttävät ja millaisia haasteita niiden kehittämisessä ja integraatiossa ilmenee?

Miten tietomallien tuottamisesta ja käytöstä sovitaan hankkeen eri vaiheissa, miten neuvottelujen ja sopimisen tarve nähdään eri osapuolien toimesta, millä keinoin ja välineillä käytöstä sovitaan?

Millä eri tavoin tietomallintamisen johtamista, organisointia ja koordinoointia voidaan tukea erilaisten yhteistyömallien avulla? (Kerosuo ym. 2017, 10.)

Tilaajan tietomallikoordinaattori

Tilaajan tehtävään on tullut erilaisia haasteita ja ongelmia tietomallintamisen käytön yhteydessä. Tämä on aiheuttanut tarpeita palkata vastuuhenkilö valvomaan tilaajan etuja tietomallien käyttöönottovaiheessa. Ongelmia ja haasteita tuli ilmi myös tilaajan osaamisessa ja vastuussa.

Osa hankkeen johdosta kertoi hyödyntävänsä tietomalleja työn tuloksen ja etenemisen valvomiseen ja erilaisten rakennus- ja asennustapojen läpikäymiseen rakentamisvaiheessa. Osalla johdosta ei ole aikaa paneutua tietomalleihin lainkaan, vaan he luottavat tietomallikoordinaattoriin. Osa johtohenkilöstöstä ei osaa edes avata tietomallia tarkastukseen tietomallin laatua. Tämä luo tarvetta palkata henkilö, joka pystyy katsomaan, että kaikki tehdään oikein. Tiukan aikataulun lisäksi haasteeksi koettiin epätietoisuus tietomallien hyödyntämisessä ja epätarkka ohjeistus. Tietomallien eri versioiden jakamisessa on ollut ongelmia. Esimerkiksi tietomallista voi olla eri versioita eri paikoissa ja uusien päivitys voi jäädä joltain alihankkijalta väliin. (Kerosuo 2017, 23.)

Ennen hankkeen alkamista tilaajan tulisi arvioida omaa tarvetta tietomallikoordinaattorille (tietomalliasiantuntija). Onko hankkeessa tarpeeksi osaavia henkilöitä, jotka pystyvät tietomalleja hyödyntämään? Tietomalliasiantuntija on hyvä palkata tueksi tietomallien tarkasteluun ja laadun varmistamiseen. (Kerosuo 2017, 23.) Takapäivystäjänä toimiminen auttaisi suunnitteluryhmää hankekohtaisesti ratkaisemaan tietomallista aiheutuvia ongelmia. Yksi haastateltava painotti, että tietomalliasiantuntijan pitäisi myös johtaa ihmisiä.

Suunnitteluryhmän tietomallikoordinaattori

Suunnitteluryhmän tietomallikoordinaattorin tehtävää kuvailtiin haasteelliseksi. Hänen pitää ymmärtää ja hallita tietomallit täydellisesti. Tietomallikoordinaattorilla tulisi olla pitkä työkokemus mallien tarkastamisesta ja läpikäymisestä. Hänen pitää huolehtia, että suunnitteluryhmä ymmärtää, mitä ollaan tekemässä, tietomallien keskeiset tarkastuskohdat ja mitkä ovat laatutavoitteet. Myöhemmässä vaiheessa tietomallikoordinaattorin tulee opastaa, miten törmäystarkastusta tehdään ja mitä pitää huomioida korjatessa törmäyksiä. (Kerosuo 2017, 25–27.)

Tietomallikoordinaattorin haasteet tulevat yleensä esiin suunnittelupuolen vähäisestä tietomallintamisen kokemuksesta. Tämä aiheuttaa puutteita tarkastustasossa, ohjauksessa ja rakennusprosessin käytännöissä. Suunnittelijoiden tekemissä malleissa tarkkuustaso vaihtelee. Esimerkiksi läpiviennin paikka voi heittää useita senttejä, koska suunnittelijat eivät tiedä haluttua tarkkuutta. Myös väärällä tavalla mallinnetut ja tallennetut IFC-tiedostot aiheuttavat ongelmia tarkastamisessa. Kommunikointi ja tiedon jakaminen eri suunnittelualueiden toimijoiden kanssa on ollut huonoa. Koordinaattorin yksi tärkeä tehtävä tulee olemaan yhteisten kommunikaatiovälineiden, mallin yhteneväisten ohjelmien ja työtapojen määrittäminen hankkeissa. (Kerosuo 2017, 27–28.)

Aikataulu on asettanut rakennusosalalle kovia tavoitteita tänä päivänä. Myös tietomallien aikataulutukset ovat yhtä tiukkoja ja haastavia. Kun tiukan aikataulun vuoksi keskeneräiset mallit tuodaan nähtäväksi, tämä aiheuttaa keskeneräisten mallien arvostelua ja antaa väärää kuvaa tietomallista. (Kerosuo 2017, 29.) Suunnittelijoille pitäisi antaa enemmän aikaa tietomallien mallintamiseen tai työ pitäisi tehdä vaihe kerrallaan.

7.2 Yhteenveto

Tietomallikoordinaattori on henkilö, joka ohjaa ja avustaa tietomallihankkeiden toteutuksessa. Tietomallikoordinaattorin tämän hetken työkuva on hankekohtainen. Esimerkiksi urakoitsija painottaa määrälaskentaa, pääsuunnittelija kaipaa avustusta ja tilaaja kaipaa koordinaattorilta valvontaa, että kaikki mallit toteutetaan sovitun mukaisesti. (Kerosuo 2017, 27.)

8 TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMISEN UUDET MENETELMÄT

Tässä luvussa käydään läpi uusia tapoja hyödyntää tietomalleja yleisesti ja opetuksen kannalta sekä sitä, miten tietomallit kehittyvät tulevaisuudessa.

8.1 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuudessa (VR) katsojan näkökenttä on suljetussa tilassa, joka luo näkyvän kuvitteellisesta maailmasta. VR-laseilla ja Enscape-lisäohjelmalla pystytään tutkimaan esimerkiksi suunnitteilla olevaa hanketta todellisessa mittakaavassa Revit-ohjelmistossa. Virtuaalitodellisuudella voidaan vähentää fyysisten pienoismallien tarvetta ja näin ollen vähentää kustannuksia. Mallin muokkaaminen jälkeenpäin on helpompaa. Kohdetta voidaan tarkkailla kaukaa tai läheltä ja mallin ympäri pääsee myös kävelemään. VR-lasit mahdollistavat liikkumisen rakennuksen vieressä tai sisätiloissa. Mallista pystytään myös erikseen tarkkailemaan piilotettuja osia esimerkiksi putki- ja sähkölinjoja.

VR-tekniikan kehittyessä tulevaisuudessa arkkitehti- ja rakennesuunnitelmat pystytään tarkistamaan suoraan työpöydän äärestä Oculuksen ja Viven tapaisilla virtuaalilaseilla (kuva 14). Tällä hetkellä virtuaalilasit ovat hieman kalliita, kömpelöitä ja aiheuttavat huonovointisuutta. Virtuaalilasit on kuitenkin otettu hyvin vastaan ja niitä hyödynnetään laajasti rakennusallalla. Tulevaisuudessa suunnittelijat voivat suunnitella myös rakennuksia virtuaalimaailmassa. Suunnitelmista pystytään tarkastamaan esimerkiksi tilasuunnitelma saman tien.



Kuva 14. HTC Vive -virtuaalilasit.

IrisVR-startup-yhtiö kehittää ohjelmistoa, jonka avulla tietomalli pystytään tuomaan VR-laitteeseen yhdellä klikkauksella. Tämä mahdollistaa jatkuvan suunnitelmien tarkistamisen tietomallista. Yhtiö kehittää myös tähän ohjelmistoon kommunikaatiotapaa, jossa useampi ihminen pystyy samaan aikaan tarkkailemaan samaa tietomallia. Tämä toiminta mahdollistaa sen, että asiakas ja suunnittelija pystyvät tarkastelemaan mallia samanaikaisesti. Näin muutosten esittäminen helpottuu. Asiakas pystyy esimerkiksi vaikuttamaan tilan järjestykseen, materiaaleihin, valaistukseen ja kokoon. Tällä saavutetaan parempi asiakastytyväisyys ja suunnitelmista tulee varmempia.

VR:n voi kokea parhaiten, kun pääsee itse liikkumaan tilassa. Tällä hetkellä liikkuminen on rajoittunut 16 m²:n alueeseen, mikä rajoittaa kokemusta. Liikkumista on myös helpotettu ohjaimilla. Virtuaalimaailmassa liikkuminen voi kuitenkin aiheuttaa huonovointisuutta tai päänsärkyä. Tätä on yritetty helpottaa teleporttaus-liikkumistoiminnolla. Sillä voidaan osoittaa VR:ssä, mihin haluaa mennä, ja henkilö liikkuu haluttuun paikkaan (Virtuaalitodellisuus 2016).

VR-tekniikka kehittyy tällä hetkellä kovaa vauhtia, ja tulevaisuudessa sitä tullaan käyttämään yhä enemmän rakennusalaalla.

8.2 Lisätty todellisuus

Nykytekniikan kehittyessä tietomalleja pystytään hyödyntämään entistä paremmin. Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus tuovat esille aivan uuden puolen tietomalleista, kun niitä päästään visuaalisesti tarkkailemaan oikeassa mittakaavassa.

Lisätty todellisuus (*Augmented Reality*, AR) tarkoittaa todellisuuden ympäristöön tuotuja virtuaalisia objekteja, joilla pystytään esimerkiksi havainnollistamaan, miltä rakennus tulee näyttämään maastossa.

Tulevaisuudessa lisättyä todellisuutta tullaan hyödyntämään työmiehillä suojalaseihin integroiduilla näytöillä. Työmiehet voivat esimerkiksi mitata koskettamalla nurkkapisteitä tai vertailla suunnitelmia valmiiseen työhön. Lasit voivat myös kertoa seuraavista työtehtävistä ja antaa ohjeistusta niistä. (Haakana 2017.)

Lisättyä todellisuutta on hyvin vähän käytössä. Tällä hetkellä laitteistot maksavat paljon ja ohjelmat ovat kömpelöitä. Tätä kuitenkin kehitetään jatkuvasti ja lähitulevaisuudessa lisättyä todellisuutta tullaan varmasti näkemään paljon. Tällä hetkellä Microsoftin HoloLens on kehittynein tuote markkinoilla. Lisätty todellisuus tuo paljon mahdollisuuksia, ja se voi jossain vaiheessa olla jopa puhelimen korvaaja.

Lisättyä todellisuutta voitaisiin hyödyntää kaikissa rakennusalan työvaiheissa. Esimerkiksi asiantuntija voisi esitellä etänä suunnittelijalle uutta tuotetta ja sen käyttömahdollisuuksia uusissa hankkeissa. Suunnittelija saisi varmuutta tuotteen käyttömahdollisuuksista ja suunnitelman toimivuudesta. Tällä hetkellä lisätyllä todellisuudella pystytään tarkistamaan suhteellisen tarkasti esimerkiksi taloteknisiä putkituksia ja ilmanvaihtokanavia.

Tulevaisuudessa kaikkiin tuotteisiin on asennettuna pieni siru (RFID). Tämän avulla pystytään tulevaisuudessa heti tarkistamaan ja paikantamaan rakenteet ja materiaalit.

8.3 Unity

Unity on pelien ohjelmistoalusta eli pelimoottori. Kehittyneitä tietomalleja voidaan nyky-päivänä hyödyntää pelimoottoreissa lukusilla eri tavoilla. Pelimoottoreilla pystytään tuot-tamaan todentuntuinen tilanne työtehtävästä. Näin voidaan opettaa esimerkiksi jonkin laitteen asennusta VR-laitteen kautta. Pelimoottoreilla voidaan myös simuloida raken-nuksessa tapahtuvaa toimintaa.

Pelimoottorin tuominen opetukseen toisi kustannussäästöjä. Uusien laitteiden ja työta-pojen opetus olisi helpompaa ja havainnollisempaa virtuaalisessa maailmassa. Tämä opetustapa tulee varmasti tulevaisuudessa lisääntymään monella alalla. (Hannus ym. 2017.)

9 POHDINTOJA

9.1 Haastattelut

Turun ammatti-instituutin opettajan haastattelu ei ollut kovin kattava, koska opettaja ei ollut vielä perehtynyt tietomalleihin tarkemmin. Tästä syystä opettajalla ei ollut laajaa näkemystä tietomallien käyttömahdollisuuksista tai oppilaiden tekemien tietomallien laadusta. Opinnäytetyössä olisi voinut haastatella enemmän muita hankkeessa mukana olleita opettajia.

Turun ammattikorkeakoulun opiskelijoille teettämä haastattelu ei ollut myöskään kovin kattava. Haastattelu esitettiin tietomallin suorittaneille opiskelijoille sähköpostitse. Vastaukset tulivat vain muutamalta opiskelijalta. Tämän takia opiskelijoiden näkemys pien-talonrakennussuunnittelun kurssin kehittämisestä jäi suppeaksi. Haastattelu olisi pitänyt suorittaa kurssin viimeisinä lähiopetuspäivinä. Toisaalta opiskelijoiden mielipiteet tietomallien mallinnusprosessista olivat hyvin kirjattuna ryhmien oppimispäiväkirjoissa.

9.2 Tietomallikoordinaattori

Tietomallit ovat vasta tulleet rakennushankkeisiin mukaan, ja tietomallien hyödyntäminen ja niihin liittyvät työtehtävät tulevat vielä kehittymään paljon.

Tietomallikoordinaattorin (tietomalliasiantuntija) tehtävä on tällä hetkellä hyvin vaativa, koska hänen työtehtävänsä vaihtelevat hankekohtaisesti ja hänellä täytyy olla kokemusta monesta eri tietomallinnusohjelmasta. Tietomallikoordinoinnin voisi hoitaa esimerkiksi suunnitteluryhmästä nimetty henkilö. Suunnitteluryhmän kokemattomuus, ongelmat kommunikaatiossa ja tiukka aikataulu luovat haasteita tietomallikoordinaattorille.

Tietomallikoordinaattoria tarvitaan sekä oppilaitoksissa että työelämässä. Asiantuntevaa apua ja opetusta tietomallien käyttöön tarvitaan tällä hetkellä jatkuvasti. Osaamattomuus vaikuttaa laadullisesti, ajallisesti ja rahallisesti hankkeen lopputulokseen. Suunnittelussa on tärkeää tietää tilaajan laatuvaatimukset. Malleja voidaan vielä jälkeinpäin korjata, mutta se on kallis ja monimutkainen prosessi. Tämän takia suunnitteluryhmässä pitää

olla henkilö, joka pitää huolen laatuvaatimuksista. Tietomallikoordinaattori on eräänlainen kapellimestari, joka luo yhteisen sävelen tietomallia käyttävien osapuolten välillä niin, että asetettu aikataulu- ja laatutavoitteet saavutetaan.

Yli-Maarian hankkeen suunnitteluryhmän koordinaattorina toimi Turun ammattikorkeakoulun rakennustekniikan opettaja. Hän toimi pientalon rakennussuunnittelukurssin opettajana ja hankkeessa tietomallintamisen ohjaajana opiskelijoille. Opiskelijat saivat avustusta opettajalta. Turun ammatti-instituutin opettaja (tilaaja) kävi kuuntelemassa opiskelijoiden suunnitelmia malleista.

Turun ammatti-instituutin opettaja voisi turvautua tietomalleihin liittyvissä kysymyksissä Turun ammattikorkeakoulun opettajaan, joka ohjasi suunnittelun ja tietomallinnuksen Yli-Maarian hankkeessa. On tärkeää, että tietomallien tulkitsemiseen löytyy nopeasti apua ja niitä pystytään hyödyntämään omasta osaamisesta riippumatta.

Tietomallikoordinaattorin työ on tällä hetkellä tärkeää, koska tietomalleihin liittyvät työprosessit ja rutiinit eivät ole vielä vakiintuneet. Tietomalleista opitaan kuitenkin koko ajan lisää ja niiden työntekijöiden määrä, jotka pystyvät tietomalleja paremmin hyödyntämään, kasvaa jatkuvasti rakennusallalla. Lisäksi tietomallien yleistyessä malleista tulee rutiininomaisia piirustuksia. Tietomallikoordinaattorin rooli merkitys vähenee merkittävästi tulevaisuudessa.

9.3 Ajatuksia tietomallien hyödyntämisestä oppimisessa

Tietomalleja tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään joka hankkeessa, joten tietomallien opettaminen olisi tärkeää aloittaa jo varhaisessa vaiheessa.

Turun ammatti-instituutti on vasta esitellyt oppilaille tietomalleja pintapuolisesti. Tietomalleja on käytetty vain vähän visuaalisessa muodossa. Aluksi Turun ammatti-instituutin tietomallien opetuksessa voisi miettiä tarkasteluohjelman ilmaisversion lataamista esimerkiksi opettajan kannettavalle tietokoneelle, josta opettaja voisi esittää tietomalleja oppilaille.

Turun ammatti-instituutin oppilaita voisi opettaa joissakin rakennusalan perusopinnoissa tietomallien avulla. Esimerkiksi tietomalleilla voitaisiin visualisoida rakenteita ja työvaiheita. Työmaapäivänä oppilaita voisi opastaa työtehtävien läpiviennissä. Tietomalleihin voitaisiin soveltaa myös erilaisia tarkastustehtäviä. Oppilaat näkisivät, millaisia virheitä

malleista löytyy, ja samalla he sisäistävät mallien käyttöä. Malleilla voidaan myös hyvin simuloida rakennuksen eri rakenteita. Tämä auttaisi oppilaita havainnoimaan, mistä mitkin rakenteita löytyy. Tulevaisuudessa Ammatti-instituutin oppilaille voisi visualisoida Unityn ja VR-lasien avulla erilaisia rakennus- tai asennustehtäviä. Näin oppilaat pystyisivät suorittamaan turvallisesti ja kustannustehokkaasti nämä tehtävät ilman fyysistä tekemistä.

Turun ammattikorkeakoulun opiskelijoiden tekemät tietomallit olivat loppujen lopuksi hyvin mallinnettuja. Malleista löytyi pieniä virheitä, mutta kurssin toteutukseen nähden virheet olivat ymmärrettäviä. Tietomalliohjelmista suosituimmiksi opiskelijoiden keskuudessa osoittautuivat Vertex ja Tekla. Näillä ohjelmilla tietomallitkin olivat parhaimmin onnistuneita.

Opiskelijoilla oli paljon ongelmia projektin aikana. Ongelmat johtuivat usein tietomallin-
nusohjelmien käyttökokemuksen puutteesta. Opiskelijat joutuivat itsenäisesti opettelemaan ohjelmien käyttöä projektin yhteydessä, esimerkiksi etsimällä ohjeita internetistä. Tämä hidasti projektin etenemistä ja heikensi mallien laatua. Jotkut ohjelmista olivat hankalia käyttää tai ohjelmat eivät toimineet halutulla tavalla. Opiskelijoilla oli myös tietokoneiden kanssa kapasiteettiongelmia, koska heillä ei ollut käsitystä ohjelmien kapasiteettivaatimuksista.

Turun ammattikorkeakoulun kursseissa pitäisi panostaa enemmän ohjelmien opetteluun ja varata riittävästi aikaa ohjaamiseen ja mallinnusprosessiin. Tällä hetkellä Turun ammattikorkeakoulussa opetetaan Teklan ja AutoCADin peruskursseja. Kurssien laajuutta voitaisiin laajentaa ainakin Vertex-ohjelman opetuksella. Nämä ohjelmat soveltuvat hyvin pientalon suunnitteluun, ja ne ovat käyttäjäystävällisimpiä. Ohjelmista löytyy hyvin tietoa ja niistä saadaan helposti tarvittavia tietoja, kuvia ja tuloksia käyttöön. Näin oppilaat saivat kokemusta laajemmin perusohjelmista ja mallintaminen sujui vaivattomammin.

Tekniikan kehittyessä myös opetuksen pitää pysyä siinä mukana. Tietomallien tarkkailu VR-tekniikalla tuo uusia puolia opettamiseen. Esimerkiksi hankkeessa mallinnuksen tehneet oppilaat olisivat voineet tarkistaa ja havainnoida mallia tarkemmin VR-laseilla. VR-laitteilla pystytään myös opettamaan etukäteen, miten jokin työvaihe suoritetaan, tai havainnollistamaan työympäristöä.

Tulevaisuudessa lisättyä todellisuutta voitaisiin hyödyntää rakennusalan työvaiheiden opiskelussa. Tällä hetkellä lisätyllä todellisuudella pystytään tarkistamaan suhteellisen tarkasti esimerkiksi taloteknisiä putkituksia ja ilmanvaihtokanavia. Lisätyllä todellisuudella

pystyttäisiin myös tarkistamaan helposti oppilaiden työsuoritusta, esimerkiksi vertailemalla suoritettua työvaihetta lisätyn todellisuuden suunnitelmaan.

Pelimoottorit (Unity) ovat nykyään niin kehittyneitä, että niiden hyödyntäminen rakennustekniikan opiskelussa olisi järkevää. Pelimoottoreilla pystytään koodaamaan mitä tahansa visuaalisesti ja teknisesti pelinomaisia työtehtäviä, esimerkiksi elementtien pulttiliitosasennuksia, missä oppilaat saisivat suorittaa asennuksen toden tuntuisesti. Tämä tekee pelimoottoreista ihanteellisen tulevaisuuden opiskelumenetelmän, varsinkin kun opetuskustannuksissa säästetään koko ajan.

10 YHTEENVETO

Aihe tähän opinnäytetyön tuli Turun ammattikorkeakoululta. Työn tavoitteena oli tutkia erilaisia tietomallinnusohjelmia pohjautuen opiskelijoiden tekemiin tietomalleihin ja pohdita, miten tietomalleja pystyttäisiin paremmin hyödyntämään rakennustekniikan oppimisessa nyt ja tulevaisuudessa. Työssä on käytetty Turun ammattikorkeakoulun kolmannen vuoden opiskelijoiden pientalonsuunnittelukurssin aineistoa ja tehtäviä. Apuna opinnäytetyössä on käytetty opiskelijoiden esityksiä tietomalliohjelmista. Havaintojen kirjaamisessa hyödynnettiin muistiinpanoja. Työssä on haastateltu myös Turun ammatti-instituutin Yli-Maarian rakennuskohteen opettajaa ja Turun ammattikorkeakoulun opiskelijoita kirjallisesti sähköpostitse. Opettaja kertoi tilaajan näkemyksen tietomalleista ja opiskelijat heidän kokemuksensa mallinnusprosessista. Yhtenä lähteenä käytettiin Helsingin yliopistossa tehtyä tutkimusta, jossa tutkittiin tietomallikoordinaattorin roolia eri rakennusosa-alueiden tehtävissä. Työssä on hyödynnetty monia internetlähteitä tiedon etsimiseen.

Haluan kiittää opinnäytetyöni ohjaajaa Tapio Keiramoa mielenkiintoisesta aiheesta ja ohjauksesta, kolmannen vuosikurssin insinööriopiskelijoita tietomalleista ja havainnoinneista sekä hankkeen rakennuttajaa Teemu Taalikkaa tekemäni haastattelun vastauksista.

Mielestäni työ onnistui hyvin ja pääsin haluamiini tavoitteisiin. Tutkin oppilaiden tietomalleja, haastattelin opettajaa sekä oppilaita ja löysin hyvin materiaalia tutkimusta varten. Sain toteuttaa työtä haluamaani suuntaan ja tuoda esille omia näkemyksiäni tietomallintamisesta. Työn aihe oli mielenkiintoinen ja ajankohtainen, mikä edesauttoi työn tekemistä. Sain mielestäni luotua hyvän kokonaisuuden.

LÄHTEET

- Adobe 2018. PDF-tiedostojen sisältämien 3D-mallien näyttäminen. Adobe acrobat. Viitattu 8.4.2018 <https://helpx.adobe.com/fi/acrobat/using/displaying-3d-models-pdfs.html>.
- ArchiCad 2018. Luovaa, tuottava ja nauttivaa suunnittelua arkkitehdille. MAD. Viitattu: 23.3.2018 <https://mad.fi/tuotteet/archicad>.
- CADS 2018. Tehosta suunnitteluasi. Cads. Viitattu 2.4.2018 <http://www.cads.fi/>.
- Haakana, T. 2017. VR on aina myöhässä. Every. Viitattu 9.4.2018 <https://www.evry.com/fi/ajankohtaista/artikkelit/vr-on-aina-myohassa/>.
- Hannus, E.: Selin, J. & Ojala, J. 2017. Virtuaalinen rakentaminen. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Viitattu 12.4.2018 <https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/virtuaalinen-rakentaminen/>.
- Henttinen T. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset. Gravicon Oy. Viitattu 5.5.2018 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf.
- Hisrich, R. & Vecsenyi, J. 1991. Archicad graphisoft. Viitattu 27.3.2018 https://archicad-talk.graphisoft.com/files/graphisoftshort_182.pdf.
- JTB World 2001. Revit information. Viitattu 28.3.2018 <https://jtbworld.com/revit-information>.
- Kerosuo, K. Paavola, S. Mäki, T. & Miettinen, R. 2017. Tietomallintamisen johtaminen, organisointi ja koordinointi rakennushankkeissa. Helsingin yliopisto: Käyttäytymistieteiden tiedekunta. Viitattu 2.5.2018 <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/188823>.
- Paakkola, T. Haavisto, J. Sauramo, A. Viman, J. & Wihervuori, E. 2018. Yli-Maarian arkkitehti- ja rakennesuunnitelmien tietomalli. Turun ammattikorkeakoulu. Revit. 2018. Rakennettu tietomallinusta varten. Autodesk. Viitattu 29.3.2018 <https://www.autodesk.fi/products/revit/overview>.
- Salmi R. 2017. Vertex systeemissä suunta on ollut aina selvä. Yrittäjä, pirkanmaa. Viitattu 22.3.2018 http://py-lehti.fi/Portals/py/py/py_10_17/files/assets/basic-html/page-44.html#.
- Solibri 2018. Johtavaa tietomallien laadunvarmistusta. MAD. Viitattu 6.4.2018 <https://mad.fi/tuotteet/muut/solibri>.
- Storify 2016. The real history of Autodesk Revit software. Viitattu 28.3.2018 <https://storify.com/malletradar3/the-real-history-of-autodesk-revit-software>.
- Tekla 2018. Historia. Trimble. Viitattu 28.3.2018 <https://mad.fi/tuotteet/archicad>.
- Tekla BIMsight 2011. Rakentamisen työkulua sujuvoittamaan. Pariisi. Viitattu 6.4.2018 <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/uutiset/tekla-bimsight-19-rakentamisen-ty%C3%B6nkulua-sujuvoittamaan>.
- Vertex 2018. Vertex tuotedokumentaatio. Vertex Systems. Viitattu 22.3.2018 <https://kb.vertex.fi/vxinfofi>.
- Virtuaalitodellisuus – rakentaminen, arkkitehtuuri ja suunnittelu 2016. Virtuaalitodellisuus Suomessa. Viitattu: 12.5.2018 <https://www.virtuaalimaailma.fi/virtuaalitodellisuus-rakentaminen-arkkitehtuuri-suunnittelu/>
- YS.IFC – 1. 2013. IFC, IFC-tiedonsiirto. Micro Aided Design. Viitattu 4.5 https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf.

Mallien yleinen sisältö ja käyttötarkoitus

ARK	RAK	TATE	
Vaatusmalli	Vaatusmalli	Vaatusmalli	
Talukkomuotoinen tilaohjelma, tilaaja ja käyttäjän vaatimukset	Tilakohtaiset kuormat ja muut mahdolliset rakenteelliset vaatimukset	Tilojen talotekniset vaatimukset (sisäilma- ja valaistus, järjestelmä-tarpeet jne.)	- tilantarpeiden ja muiden vaatimusten dokumentointi strukturoidussa muodossa
Tontin malli			
Tontin rajat, korkeusasemat, tarvittavat liittymät ympäristöön ja teknisiin järjestelmiin			- tontin käytön suunnittelu - rakennuksen/rakennusten sijainti tontilla
Inventointimalli	Inventointimalli	Inventointimalli	
Olemassa olevan rakennuksen tilat ja rakennusosat. Mallin voi laatia mittaaaja, arkkitehti tai joku muu tah.	Kantavat rakenteet, sisältyvät usein miten samaan malliin arkkitehtiosion kanssa	Eritystapauksissa mallinnetaan talotekniset järjestelmät tarvittavassa laajuudessa	- korjausrakentamisen lähtötilanteen dokumentointi
Tilaryhmämalli			
Tilaryhmämalli on tilamallin erikoistapaus. Siinä keskeiset tilaryhmät esitetään tilaobjekteina ja rakennusmassat erikseen määritellyssä tarkkuudessa käyttötarkoituksesta riippuen.			- rakennuksen massoittelemisen tutkiminen ja haavoittuvuuden ja vaihtoehtojen vertailu - laajuuteen ja massoittelemiseen perustuva investointilaskenta - tarvittaessa kärkeä energiasimulointi
Tilamalli	Tilamalli	Tilamalli	
Tilat tilaobjekteina, rakennuksen ulkovaippa	Rakennesarjojen järjestelmäehdotus, perusrakennus-ehdotus	TATE-järjestelmien palvelualueet, pääkanalisto, -hormit, merkittävät tilavaatimuksia aiheuttavat putkistot, kaapelihyllyt ja muut tekniset järjestelmät sekä tekniset tilat	- vaihtoehtoisten tilaratkaisujen suunnittelu ja haavoittuvuuden ja laajuuden hallinta - investointilaskenta - energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhteiden simulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden selvittäminen) - TATE-järjestelmävaihtoehtojen tutkiminen ja palvelualueiden määrittäminen - rakennesarjojen ja vaihtoehtojen tutkiminen - rakenteiden ja järjestelmien tilantarpeista sopiminen
Rakennusosa- ja järjestelmämallit			
Rakennusosa- ja järjestelmämallit ovat keskeinen osa suunnittelua ja hankkeen tiedonhallintaa.			
Alustava rakennusosamalli	Alustava rakennusosamalli	Alustava järjestelmämalli	
Tilat, alustavat rakennusosat	Runkorakenteet (pysty- ja vaakarungon mitat, sijainnit & dimensiot), sovitut mallidetailit, perustukset, rakennusosien alustavat tyypitratkaisut	TATE-järjestelmien palvelualueet, runkokanavat, -putket ja keskuslaitteet, tyyppimalli	- rakennusosien määrittely, rakennusosa- ja rakennusosien vertailu - määrätiedon hallinta - investointilaskenta - energiasimulointi ja tarvittaessa olosuhteiden simulointi (järjestelmien mitoitusperusteiden tarkentaminen) - rakenteiden alustava mitoitus - rakennuslupa
Rakennusosamalli - laskenta	Rakennusosa-/varausmalli - laskenta	Järjestelmä-/varausmalli - laskenta	
Tilat, rakennusosat tyyppitietoineen	Runkorakenteet (pysty- ja vaakarungon mitat, sijainnit & dimensiot, mallielementit, tyyppirakenteet & liitokset, perustukset), liitokset perustuksiin, varaukset	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, pääte-laitteet, keskus- ja johtotiet (johto- ja kaapelikourut sekä -arinat), valaisimet	- rakenteiden mitoitus tarjouspyyntöjen vaatimaan tarkkuuteen - TATE-järjestelmien määrittely - määrätietojen tuottaminen - investointilaskenta - energiasimulointi - mallien käyttö urakkatarjousten liitteinä - mallien käyttö reikä- ja varausuunnittelun apuna
Rakennusosamalli - toteutus	Rakennusosa-/varausmalli - toteutus	Järjestelmä-/varausmalli - toteutus	
Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	Runkorakenteet ja liitokset, lähtötiedot valmisosa suunniteltuun, valuosat ja paikalla ja lura- ja rakenteiden raudoitukset, perustukset, liitokset perustuksiin, varaukset, detailit	TATE-järjestelmien palvelualueet, keskuslaitteet, kanavistot, putkistot, pääte-laitteet, keskus- ja johtotiet (johto- ja kaapelikourut sekä -arinat), valaisimet	- toteutus suunnittelu - tiedot valmisosien suunnitteluun ja tuotannon suunnitteluun
Toteumamalli	Toteumamalli	Toteumamalli	
Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	Edellisen vaiheen tarkkuustasoa vastaava malli päivitettyinä toteutusta vastaavaksi	- tiedot huoltoon ja ylläpitoon, tilahallintaan, myöhemmän käytön suunnitteluun

Taulukko 1. Mallien yleinen sisältö taulukko. (Hentinen 2012, 21)

Tutkimuskysymykset Turun ammattikorkeakoulun oppilaille

1. Millainen kokemus sinulla oli tietomallintamisesta ennen kurssia?
2. Millä ohjelmalla/ohjelmilla tietomallituksen suorittite?
3. Mikä tietomallinnuksessa oli haastavin/työläin vaihe? Mitä tekisit toisin?
4. Miten itse hyödyntäisit tietomallia työmaalla?
5. Miten koit tietomallintamisen harjoitukset verrattuna autocad harjoituksiin?

Tutkimuskysymykset Turun ammatti-instituutin opettajalle

1. Minkä alan opettaja olet? (LVI, sähköalan, rakennustekniikan..)
2. Kuinka paljon tietomalleista on ollut hyötyä?
3. Mitä ohjelmia olet käyttänyt tietomallien tarkasteluun? Millaisia ongelmia on esiintynyt tarkasteluohjelmilla? Mikä tarkastusohjelma toimii parhaiten?
4. Miten olet hyödyntänyt tietomalleja oppilaiden ohjaamisessa?
5. Miten parantaisit tai muuttaisit tietomalleja?
6. Miten soveltaisit tai käyttäisit nykytekniikkaa tietomallien tarkastelussa? (AR, VR, 3D pdf, 360° kuvaa, unity...)
7. Mikä tietomallien kanssa työskentelyssä on ollut haastavinta? Kenen puoleen olet kääntynyt jos tietomalleissa on tullut ongelmia?
8. Saako nimesi mainita opinnäytetyössä? (kyllä/ei)